

École doctorale n° 432 : Sciences et Métiers de l'Ingénieur

Doctorat ParisTech

T H È S E

pour obtenir le grade de docteur délivré par

l'École nationale supérieure des mines de Paris

Spécialité "Sciences et Génie des Activités à Risques"

présentée et soutenue publiquement par

Jonathan Vigneron

le 18 décembre 2013

**Contribution des ontologies à la création de bases de connaissances
pour la maîtrise des conformités réglementaires en santé, sécurité au
travail et environnement.**

Directeur de thèse : **Franck Guarnieri**

Jury

M. Gilles MOTET, Professeur à l'INSA Toulouse, Directeur scientifique de la FonCSI
M. Roberto SACILE, Professeur, Faculty of Engineering, Université de Gênes
M. Franck GUARNIERI, Directeur de recherche, CRC, MINES ParisTech
M. Aldo NAPOLI, Chargé de recherche, CRC, MINES ParisTech
M. Jean-Marc RALLO, Directeur Général, Preventeo

Rapporteur
Rapporteur
Directeur de thèse
Examineur
Examineur

MINES ParisTech

Centre de recherche sur les risques et les crises (CRC)

1 rue Claude Daunesse 06904 Sophia-Antipolis

**T
H
È
S
E**

Remerciements

Comme il en est coutume, ce manuscrit commence par les remerciements. Je tiens tout d'abord à remercier l'entreprise Preventeo et l'association ARMINES qui ont été partenaires dans ce travail de recherche. Je remercie également le Centre de recherche sur les Risques et les Crises (CRC) de MINES ParisTech et tout particulièrement son directeur, Franck Guarnieri, pour m'avoir permis d'effectuer ce travail de recherche dans les meilleures conditions.

Je remercie M. Franck Guarnieri pour son rôle de directeur de thèse et pour m'avoir conseillé et orienté dans la conduite de mes travaux. Je le remercie tout particulièrement pour la patience dont il a su faire preuve durant la période de rédaction.

Je remercie les différents membres du jury dont Messieurs les rapporteurs : M. Roberto Sacile de l'université de Gênes et M. Gilles Motet de l'INSA Toulouse. Je remercie M. Rallo et M. Napoli pour leur rôle d'examineur.

Un grand merci à l'ensemble de l'équipe PREVENTEO, Jean-Marc Rallo, Olivier Philippe, Grégory Forte, Sophie Pierini, Thomas Audiffren, Léa Bourreau, Guénoles Lefranc, Frédéric Juglaret, Ariane Spreux, Sandrine Marty, Xavier Chaze, Aurélie Caginicolau, Florence Scheer, Raphaël Falco et les différents stagiaires pour leur bonne humeur, leur sérieux et pour l'aide qu'ils ont m'apporté dans la réalisation de cette thèse.

Je profite de cette page pour remercier les différents membres du personnel du CRC et plus particulièrement les cadres chercheurs qui, lors de cours, séminaires et évaluations ont su enrichir mes réflexions à l'aide de leurs différentes interventions.

Pour finir, je souhaite exprimer ma plus grande reconnaissance à ma famille. Un grand merci à mes parents pour leur soutien, leurs encouragements durant mes études et tout ce qu'ils m'ont transmis. Mes pensées et ma reconnaissance s'adressent à ma compagne, Tiphaine, pour son soutien et ses encouragements tous les jours de notre vie.

Sommaire

Introduction	11
Chapitre 1. L'exigence de maîtrise des conformités réglementaires en Santé et Sécurité au Travail	17
1.1 Les enjeux et obligations pour les entreprises.....	17
1.1.1 Eléments de contexte juridique et normatif.....	18
1.1.2 Veille réglementaire et évaluation de conformité, éléments de définition.....	19
1.1.3 Difficultés de mise en œuvre.....	20
1.1.4 Les enjeux pour l'entreprise	22
1.2 Les sources de la connaissance	23
1.2.1 Legifrance.....	23
1.2.2 Le Journal officiel de la république française (JORF)	26
1.2.3 AIDA	26
1.2.4 La base de données Dalloz	28
1.2.5 Le site Juritruavail	29
1.2.6 Le site EUR-LEX	30
1.2.7 Les outils logiciels.....	31
1.3 La démarche de maîtrise des conformités	32
1.3.1 La veille réglementaire	32
1.3.2 Démarche d'évaluation de conformité	35
1.3.3 Démarche de suivi et de gestion des plans d'actions	39
1.3.4 Bénéfices et limites des démarches d'évaluation	41
Chapitre 2. L'apport du concept d'ontologie à la maîtrise des conformités légales	47
2.1 Elément de définition et bénéfices avérés	47
2.1.1 Quelques définitions.....	48
2.1.2 Composants d'une ontologie	49
2.1.3 Typologies des ontologies	50
2.1.4 Cycle de vie d'une ontologie.....	53
2.2 Les méthodes de formalisation des connaissances.....	54

2.2.1	Principes communs.....	55
2.2.2	Les différentes méthodes	56
2.2.3	Langages.....	59
2.2.4	Ontologies existantes du domaine	64
2.3	Conception et exploitation d'ontologies	68
2.3.1	Editeurs d'ontologie	68
2.3.2	Exploitation d'ontologies dans un système d'information.....	71
Chapitre 3. Proposition d'une chaîne de formalisation des connaissances pour la maîtrise des conformités		
3.1	Démarche de modélisation	75
3.1.1	Méthode.....	77
3.2	Modèle ontologique.....	82
3.2.1	Présentation de l'ontologie réalisée.....	82
3.2.2	Présentation d'un individu.....	86
3.3	Intégration des connaissances	87
3.3.1	Principe.....	88
3.3.2	Fonctionnement technique	91
3.3.3	Résultats d'utilisation du prototype.....	94
3.3.4	Résultats de performance	96
Chapitre 4. Conduite d'une expérimentation et discussion des résultats.....		
4.1	Présentation de la plateforme Preventeo®	99
4.1.1	Présentation de la société partenaire Preventeo®	99
4.1.2	Présentation des solutions logicielles	101
4.1.3	Architecture technique	104
4.2	Présentation détaillée du module de gestion des risques par le prescrit.....	109
4.2.1	Edition de référentiel : Cogniteo®	109
4.2.2	Evaluation de la conformité : Conformiteo®	118
4.3	Conduite d'une expérimentation	123
4.3.1	Présentation de l'entreprise et contexte d'expérimentation	123
4.3.2	Résultats	126
4.3.3	Evaluation globale des résultats obtenus.....	133

Conclusions et perspectives	139
Bibliographie	145
Glossaire des acronymes	155
Index des illustrations.....	156

Introduction

- De l'idée de la thèse -

De l'obligation de maîtriser les conformités légales

Nul ne saurait ignorer la loi ! De fait, les entreprises s'engagent donc naturellement et graduellement dans le respect de la réglementation en matière d'hygiène, sécurité et environnement (HSE). La vision « archaïque » de l'entreprise négligeant la réglementation sous prétexte de son foisonnement, de ses contradictions, voire de son inutilité, est désormais révolue (Hale, 1998).

Cela s'explique aisément.

Cinq grands enjeux stimulent les pratiques des entreprises en la matière. Premièrement, les enjeux humains, environnementaux, éthiques et sociétaux. Il convient avant tout de préserver la santé, la sécurité des travailleurs et l'environnement. Rappelons que cela est une obligation pour tous (entreprises privées ou publiques). Deuxièmement, les enjeux de compétitivité qui permettent aux entreprises d'améliorer en permanence la satisfaction client et leurs performances. C'est dans ce contexte que les certifications des systèmes de management ISO/OHSAS ou autres sont de plus en plus exigées par les gros donneurs d'ordre (Audiffren, 2013a, 2013e). Troisièmement, les enjeux juridiques qui sont quant à eux de plus en plus prégnants (Sanseverino-Godfrin, 2010, 2013). La multiplication et la complexification des textes juridiques s'entrelacent avec les responsabilités civile et pénale des dirigeants de plus en plus engagées avec les notions d'obligation de résultat et de faute inexcusable. Quatrièmement, les enjeux financiers, qui demeurent difficiles à évaluer. Retenons simplement que la non-performance en HSE peut représenter des montants très importants, souvent évalués par les grandes organisations entre 3 et 5 % de leur chiffre d'affaires. Enfin, les enjeux d'image et de communication, qui participent activement à l'accroissement de la confiance tant des clients que des salariés actuels et futurs.

Le respect de la législation applicable en matière d'Hygiène, Sécurité et Environnement (HSE) occupe donc une place prépondérante et centrale pour la gestion de la Santé et Sécurité au Travail mais aussi pour la gestion de l'Environnement. Toutefois, cette conformité réglementaire est souvent difficile à atteindre et ce pour un certain nombre de raisons telles que : la relative faiblesse des moyens mis en œuvre pour suivre l'évolution du corpus législatif et la complexité des contenus juridico-techniques. A titre d'illustration pour l'année 2010, plus de 140 textes ont été publiés en Santé et Sécurité au Travail (SST). Sur la même période, 290 textes¹ ont été publiés en environnement. La gestion de l'existant, les publications nouvelles régulières, la complexité et l'enchevêtrement des textes ainsi que les spécificités des domaines du droit (santé et sécurité/environnement) posent naturellement la question de la capitalisation, du traitement, de l'analyse et de la diffusion de sources légales indispensables à la conduite d'un management efficient et performant de la sécurité dans les entreprises. Le recours aux méthodes et techniques de l'ingénierie de la connaissance s'impose dès lors comme une solution pour efficacement traiter cette problématique.

De l'apport de l'ingénierie de la connaissance et des ontologies à une meilleure maîtrise des conformités légales

Considérant le nombre d'informations à traiter en vue de respecter la législation, le besoin d'organisation des connaissances est plus qu'évident. A cette fin, les outils contemporains d'ingénierie des connaissances mettent très largement en avant le concept d'ontologie. L'ontologie se définit classiquement comme une taxonomie de concepts inter reliés en vue de la formalisation des connaissances d'un domaine donné.

Une ontologie est une spécification formelle et explicite d'une conceptualisation partagée (Studer, 1998) et qui ambitionne à satisfaire trois objectifs : clarifier la structure des connaissances, préciser la terminologie et partager les connaissances. L'ontologie a donc pour

¹ Chiffres présentés à partir de l'étude quantitative des bases de données proposées par le partenaire PREVENTEO (fournisseur de veille réglementaire). L'exhaustivité n'est pas garantie par l'entreprise qui met cependant un certain nombre de procédures en œuvre pour assurer la plus grande complétude des bases de connaissances et de données fournies à ses clients.

visée opérationnelle la formalisation des connaissances afin d'en permettre l'opérationnalisation et le partage auprès d'une communauté établie et bénéficiaire.

Les ontologies sont convoquées dans de très nombreux domaines d'expertise, il est à noter toutefois que le domaine le plus producteur d'ontologies est le médical, en raison de la masse de données et de connaissances à considérer et du caractère précurseur de ce domaine dans le champ des systèmes experts². On notera par exemple des ontologies d'assistance à la phase de diagnostic ou des ontologies de reconnaissance de maladies en définissant les symptômes. Aucun domaine ne semble échapper à l'engouement par exemple en proposant des formalisations d'informations culinaires (Badra, 2008) ou des ontologies du cinéma³.

Le domaine HSE n'a connu à ce jour que peu de travaux sur l'apport des ontologies (Despres, 2007) (Vigneron, 2013). Signalons, la contribution très théorique de Xavier Aime (2011).

De la conception, du développement et de la validation d'une chaîne d'ingénierie de la connaissance pour la maîtrise des conformités

L'ontologie créée relève du domaine de la réglementation française en santé et sécurité au travail. Elle traite plus particulièrement des obligations des « agents », à savoir les employeurs, les chefs d'établissements et plus largement les délégataires de pouvoir. Un travail a donc été conduit afin de constituer un corpus traduisant la réglementation française. Les termes candidats ont été extraits à l'aide de la méthode Yatea⁴ ainsi que par la conduite de nombreuses interviews d'experts du domaine. La construction de l'ontologie SST s'est réalisée sur une profondeur allant de trois à dix niveaux, ce qui a conduit à la définition de 200 termes organisés en deux grandes catégories : « Agent » et « Action ».

Afin d'exploiter l'ontologie SST, un outil d'édition de bases de connaissances a été conçu pour la formalisation et l'usage de questionnaires d'audit réglementaire : l'outil Cogniteo®.

² B.G.Buchanan and E.H. Shortliffe, Rule based expert systems: the MYCIN experiments of the Stanford Heuristic Programming Project, Mass : Addison-Wesley, Reading, 1984.

³ Projet Cinema Ontology (JEDFILM), pour en savoir plus : <http://jedfilm.com/cinema-ontology>

⁴ YaTea : Pour en savoir plus, <http://www-limbio.smbh.univ-paris13.fr/membres/hamon/YaTeA/>

Cogniteo® est un outil accessible en ligne. Il guide un utilisateur selon un parcours en plusieurs étapes permettant de créer des questionnaires. L'usage de Cogniteo® est particulièrement intuitif. Il offre une série de fonctions qui permettent d'organiser les questionnaires en thèmes et sous-thèmes et de revoir aisément l'ordre des questions. Les mises à jour sont possibles. Chaque question est accompagnée de « sa » réponse et une aide question en facilite la compréhension.

Le couplage entre l'ontologie et l'éditeur de bases de connaissances Cogniteo® est réalisé à l'aide d'un prototype d'outil de repérage automatique des exigences réglementaires présentes dans les textes réglementaires. Le prototype vise à améliorer la productivité et la qualité du processus de repérage d'exigences réglementaires qui se révèlent particulièrement coûteux.

Afin de valider le couplage entre l'ontologie et l'éditeur de bases de connaissances, une expérimentation a été réalisée. Cette expérimentation a été complétée d'une seconde en partenariat avec une entreprise « pilote » qui a permis quant à elle de tester et de valider l'ensemble de la chaîne d'ingénierie de la connaissance.

Structure du manuscrit

Afin de répondre au mieux aux objectifs visés, ce travail de recherche s'articule autour de deux parties elles-mêmes subdivisées en deux chapitres.

La première partie s'attache à présenter le contexte de la maîtrise des conformités mais aussi de la gestion des connaissances au sein du domaine Santé, Sécurité et Environnement (SSE). Ceci en vue de la mise en œuvre des connaissances dans des processus de gestion des conformités réglementaires. Ainsi, le premier chapitre s'attèle d'abord à détailler le cadre légal global du domaine en présentant tout à la fois les enjeux, les sources de connaissances et les difficultés rencontrées par les acteurs de la prévention. Le deuxième chapitre propose pour sa part un état de l'art sur le concept d'ontologie. Il définit le concept, décrit les méthodes de construction et outils permettant l'opérationnalisation du concept d'ontologie.

La seconde partie du manuscrit est consacrée aux solutions apportées par ce travail de recherche pour répondre aux difficultés rencontrées par les entreprises en termes de gestion des conformités. Le troisième chapitre propose donc à cet effet la description de la démarche de modélisation mise en œuvre. La méthode de construction d'une ontologie du domaine est présentée et ses apports sont discutés. Enfin, le quatrième et dernier chapitre porte sur l'opérationnalisation des outils développés et détaille les conditions d'expérimentation en partenariat avec une entreprise « pilote ». La plateforme logicielle mobilisée pour l'expérimentation est d'abord décrite en se focalisant sur les progiciels Cogniteo® (pour l'édition de questionnaires d'évaluation) et Conformiteo® (pour le diagnostic des conformités). Enfin, le bilan de l'expérimentation est présenté et les principaux résultats obtenus sont mis en lumière.

Le manuscrit s'achève par une conclusion générale reprenant les apports et limites de ce travail de thèse en prenant soin d'explicitier les perspectives de recherches associées à celui-ci.

Chapitre 1. L'exigence de maîtrise des conformités réglementaires en Santé et Sécurité au Travail

Le respect de la législation applicable en matière de Santé, Sécurité au travail et d'Environnement (SSE) est depuis les années 2000 à l'agenda des entreprises. Les injonctions sociaux-économiques (coûts des accidents du travail et accidents industriels), juridiques (engagements fréquents de la responsabilité de l'employeur ou de l'exploitant) et normatives (en particulier pour la mise en œuvre de systèmes de management) ont très largement contribué à exacerber le besoin. Pour autant, la mise en place d'une démarche de maîtrise des conformités n'est pas aisée. Ceci s'explique tout à la fois par le foisonnement des textes réglementaires (exemple : 497 textes réglementaires SSE publiés en 2012 - Source : Preventeo®) que par la difficulté de disposer de ressources (humaines et techniques) pour mettre en œuvre et animer un dispositif efficace. Ce premier chapitre vise à décrire dans les grandes lignes une démarche de maîtrise des conformités légales. A cette fin, il est organisé en trois sections. La première rappelle les enjeux et obligations des entreprises en la matière. La deuxième décrit les sources des connaissances mobilisables par les préventeurs en entreprise. Enfin, la dernière section décrit la démarche de maîtrise des conformités en se fondant sur les travaux conduits par Thomas Audiffren et Léa Bourreau dans le cadre de leur thèse (Audiffren, 2012a. Bourreau, 2012a).

1.1 Les enjeux et obligations pour les entreprises

Cette première section décrit brièvement le contexte juridique, puis les notions de veille et d'évaluation de la conformité ainsi que les difficultés rencontrées par les préventeurs en entreprises pour animer la démarche (Miotti, 2010. Guarnieri, 2010, 2014. Audiffren, 2013b). Enfin, elle rappelle brièvement les enjeux pour l'entreprise.

1.1.1 Eléments de contexte juridique et normatif

La législation française s'appuie des sources nationales (droit du travail et droit de l'environnement) et communautaires (droit de l'Union Européenne). Le cadre national se décline sous la forme de lois et recouvre également d'autres textes juridiques (circulaires, arrêtés, décrets, lois,...). Ces derniers sont parfois eux-mêmes issus de la transposition de textes communautaires (exemple : arrêté de transposition d'une directive européenne). Comprendre cette hiérarchie des sources juridiques n'est pas simple et, pour les non-juristes, complique forcément la mise en œuvre d'une démarche de maîtrise des conformités.

Le droit de la Santé, Sécurité au Travail (SST) et celui de l'environnement reposent fondamentalement sur un socle de retour d'expérience. Il est coutume de dire que ce sont les accidents et leur analyse qui font la réglementation ; la crise de l'amiante en est le témoignage parfait. Si l'on peut le regretter, force est de constater que cette pratique inscrit la réglementation française dans un ancrage dans le « réel ». Dès lors, respecter les exigences d'une loi revient à tenir compte du bon sens et ce au plus près de menaces rencontrées par le passé et donc avérées.

Aux côtés de la législation, les référentiels normatifs environnementaux tels que la norme ISO 14 001 et, plus récemment, associés à la SST tels qu'OHSAS 18 001 ont connu un essor considérable. L'application des règles posées par ces textes est en principe libre. Elles peuvent dans certains cas donner lieu à une certification (notamment ISO 14 001 pour l'environnement) c'est-à-dire à la reconnaissance de la bonne application de leurs principes par un organisme extérieur (délivrance d'un certificat). Cependant, sous l'effet des pressions des entreprises donneurs d'ordres sur leurs sous-traitants, l'application des normes et référentiels est de moins en moins libre et acquière même, dans certains cas, le statut de condition d'accès à certains marchés économiques.

Les bénéfices de la normalisation et de la certification ont fait l'objet de nombreuses études.

A titre d'exemple, OHSAS 18001 est l'un des référentiels reconnus mondialement pour les systèmes de gestion de la santé et de la sécurité au travail. Il a été conçu par les représentants des principaux organismes commerciaux et des organismes de certification et de

normalisation internationaux pour remédier à l'absence de référence internationale pouvant être certifiée par un tiers.

OHSAS 18001 est compatible avec les certifications ISO 9001 et ISO 14001 pour aider les entreprises à respecter la réglementation en termes de santé et de sécurité au travail de façon efficace.

OHSAS 18001 porte sur les principaux éléments suivants :

- Planification pour l'identification des dangers, ainsi que l'évaluation et la gestion des risques
- Programme de gestion OHSAS
- Structure et responsabilité
- Formation, présentation et compétence
- Consultation et communication
- Gestion opérationnelle
- Préparation aux situations d'urgence et solutions
- Mesure, suivi et amélioration des performances

La certification OHSAS 18001 peut être adoptée par toute entreprise souhaitant mettre en place une procédure formelle visant à réduire les risques en termes de santé et de sécurité dans l'environnement de travail pour le personnel, les clients et le grand public.

1.1.2 Veille réglementaire et évaluation de conformité, éléments de définition

La veille réglementaire, parfois qualifiée de veille juridique, peut en réalité englober à la fois des textes d'origine législative, mais également réglementaire, communautaire ou encore des textes dont la valeur juridique est limitée (exemple : guides professionnels). Elle vise les objectifs suivants :

- Le premier consiste à identifier les textes légaux susceptibles de s'appliquer à l'entreprise. Au-delà, l'identification des textes applicables permet de déduire les obligations auxquelles l'employeur (SST) ou l'exploitant (environnement) est soumis. Ce premier objectif ne peut être atteint que si l'entreprise identifie un certain nombre

de critères la concernant (on parle ici de définition du périmètre réglementaire).

- Le second objectif de la veille consiste à réaliser un suivi précis, régulier et minutieux de l'évolution de la réglementation applicable à l'entreprise. Les modifications du périmètre réglementaire sont dues soit à des évolutions de la réglementation elle-même, soit à des changements liés à l'entreprise. Ce dernier point est souvent délaissé. En pratique, l'absence de suivi des évolutions constitue un frein non négligeable à l'exhaustivité du travail de veille.

L'évaluation de conformité s'appuie sur le travail de veille réalisé au préalable. Elle consiste à créer un référentiel (questionnaire) d'évaluation sur la base des exigences applicables à l'entreprise. Une équipe d'évaluateurs s'applique ensuite à analyser le niveau de conformité de l'entreprise en s'appuyant sur le référentiel. Ce travail repose sur les techniques d'audit et d'évaluation (visite de terrain, interviews, revue documentaire). Les résultats de l'évaluation sont ensuite synthétisés dans un rapport de conformité. Le travail d'évaluation doit être renouvelé périodiquement (selon un échéancier prédéfini) afin de tenir compte de l'évolution du périmètre légal applicable et de s'assurer de la réalisation effective des actions de mise en conformité planifiées.

1.1.3 Difficultés de mise en œuvre

Une enquête quantitative d'envergure nationale menée en 2011 auprès de 820 préventeurs (Audiffren, 2012b, 2013d) a permis d'apprécier les difficultés rencontrées par les entreprises lors de la mise en place d'une démarche de maîtrise des conformités réglementaires. Même si l'enquête concerne essentiellement le champ de la SST, ses apports sont transposables en grande partie au domaine de la réglementation environnementale. On peut retenir que les points de blocage sont liés à trois facteurs :

- Le processus de maîtrise des conformités : Au regard de l'enquête, 56% des entreprises⁵ rencontrent des difficultés pour réaliser un travail de veille ayant un caractère exhaustif et tenue à jour (25% des entreprises interrogées ne réalisent pas de

⁵ Les entreprises interrogées dans le cadre de l'enquête sont représentatives des entreprises de plus de 50 salariés des secteurs de l'industrie et de la construction.

veille réglementaire). Au-delà, elles ne parviennent pas encore à se servir convenablement des techniques d'investigation ou encore à établir des rapports de conformité pertinents. Le passage de l'évaluation de conformité à la gestion d'un véritable plan d'actions constitue également un point de blocage quasi-systématique (un plan d'actions est établie dans seulement 52% des cas).

- Les outils : Lorsqu'elles développent des outils informatiques en interne, les entreprises se retrouvent confrontées à des coûts de mise en place très importants et à une « rigidité » des systèmes (« mauvaise » ergonomie, fonctionnalités manquantes,...). A l'inverse, l'utilisation des outils bureautiques classiques (Word, Excel®,...) s'avère peu coûteuse mais limitée lorsqu'il convient de mettre en place un reporting consolidé entre plusieurs entités d'une entreprise. Ces difficultés sont aggravées par le manque de lisibilité des sources juridiques d'information (éditeurs de bases de données juridiques et services institutionnels) pour les non-juristes chargés de la veille réglementaire. Dans ce contexte, des solutions progiciels dédiées à la maîtrise des risques (et des conformités en particulier) se développent. Elles apportent une réponse parfois pertinente aux besoins en termes de lisibilité, de souplesse d'utilisation ou encore d'automatisation du système de reporting (édition des plans d'actions). Ces outils demeurent peu utilisés (20% des entreprises du panel déclarent en utiliser).
- Les ressources humaines : La mise en œuvre d'une démarche de maîtrise des conformités réglementaires SSE implique la mobilisation de ressources internes et externes à l'entreprise pour mener à bien les missions de veille réglementaire, d'évaluation de conformité mais également de suivi et de gestion des plans d'actions. Le manque de ressources (souvent mis en lumière dans l'enquête) diminue l'efficacité du système de maîtrise des conformités. Les compétences (ou plutôt le manque relatif de compétences dans le domaine) des acteurs de l'entreprise ne sont que rarement en adéquation avec le travail à réaliser. A titre d'exemple, concernant la veille réglementaire, il convient de noter que le fait de posséder des connaissances juridiques précises est essentiel. Il en va de même pour les acteurs chargé du travail d'évaluation de conformité qui doivent parfaitement maîtriser les techniques d'investigation.

L'ensemble de ces facteurs handicape les entreprises dans leur maîtrise de la conformité réglementaire. Paradoxalement les sources de connaissances du droit sont extrêmement nombreuses. En témoignent les développements de la section suivante.

1.1.4 Les enjeux pour l'entreprise

Depuis la fin des années 1980, la Santé et la Sécurité des Travailleurs (SST), au même titre que les problématiques environnementales, sont au cœur des politiques de management des entreprises françaises. Cet intérêt n'est pas le fruit du hasard, les industriels étant soumis à des contraintes d'ordre social, économique ou encore réglementaire.

En 2005, en France, environ 700 000 accidents du travail (AT) avec arrêt ont été reconnus. Dans le même temps, le nombre de maladies professionnelles (MP) est en constante augmentation. De 5000 environ reconnues au cours de l'année 1990, leur nombre est passé à 40 000 pour l'année 2005 (INRS 2005⁶).

Les coûts directs (indemnités journalières,...) et indirects (prime d'assurance, perte de temps,...) générés par ces AT et MP constituent un poids non négligeable que les entreprises doivent supporter. A titre d'exemple, en 2004, selon la Caisse Nationale d'Assurance Maladie des Travailleurs Salariés (CNAMTS), ils ont entraîné le versement de 6 719 millions d'euros aux victimes.

Les contraintes réglementaires dans le domaine de la SST ont elles aussi énormément évolué depuis les années 1980. L'apparition de la directive 89/391/CE en juin 1989, transposée en 1991 par la loi 91-1414, énonce clairement que la sécurité des travailleurs constitue un élément que les entreprises doivent gérer. Renforcée en 2001 par un décret d'application, la législation impose aux employeurs d'évaluer précisément les risques professionnels auxquels leurs salariés sont exposés.

⁶ Dossier : *Les systèmes de management de la santé et de la sécurité au travail*; Dossier en ligne, INRS; INRS, 2005.

De ce fait, l'employeur (ainsi que ses délégataires en matière de SST), se retrouve au centre de la politique de management. Cet état de fait a entraîné de nombreuses réflexions en matière de normalisation de la SST (à l'instar des normes ISO 9001 pour la qualité et ISO 14001 pour l'environnement). Ces dernières ont permis la naissance de référentiels divers, d'origine privée (exemple: "SafeCert" créé par Bureau Veritas), parfois spécifiques à des groupements industriels (exemple: "DT 78" édicté par l'Union des Industriels Chimiques), développés par des organismes nationaux tels que l'"AS 1470" en Norvège ou encore internationaux (dans le cas d'OHSAS 18001). Ce dernier, qui ne fait pas office à l'heure actuelle de véritable norme internationale, demeure le plus connu et est certifiable par un organisme agréé (Association française de normalisation - sigle AFNOR).

Les contraintes évoquées précédemment contraignent les entreprises à gérer la santé et la sécurité de leurs travailleurs à l'aide de systèmes de management plus ou moins structurés. Néanmoins, le déploiement d'outils de gestion ne garantit pas que le système dans sa globalité soit efficace. Pour mesurer la performance de ces derniers, les entreprises se tournent alors vers des instruments dont la pertinence reste, dans de nombreux cas, à être prouvée.

1.2 Les sources de la connaissance

Les sources de connaissances sont multiples, plusieurs outils sont à disposition pour trouver, comprendre, accéder à un texte, quel que soit son domaine d'application. Les plus utilisées sont décrites dans les paragraphes suivants. A noter qu'il existe une source de connaissances au niveau européen. L'inventaire ci-après n'est pas exhaustif. Le repérage et la connaissance de chacune des sources se sont révélés, en plus des discussions avec les experts juridiques et HSE, fort utiles à la compréhension du domaine du droit.

1.2.1 Legifrance

LEGIFRANCE, le service public de la diffusion du droit interne français par l'Internet, donne accès : aux textes publiés au Journal Officiel, aux conventions collectives et à la jurisprudence (pour l'essentiel issue de la Cour de cassation concernant les problématiques SST). Des

travaux récents montrent l'intérêt de la place de la jurisprudence dans le processus de maîtrise des conformités (Audiffren, 2012c, 2013c). Pour le droit français, trois modes de recherche sont proposés : thématique, simple et expert (après sélection du type de texte recherché).

Le site offre une navigation par liens hypertextes, assortie d'un bandeau vertical de navigation. Édité par le secrétariat général du gouvernement français, il a été instauré par le décret du 7 août 2002 relatif au service public de la diffusion du droit par l'internet. Ce service a pour objet de faciliter l'accès du public aux textes en vigueur ainsi qu'à la jurisprudence.

Il met gratuitement à la disposition du public les données suivantes :

- Les actes à caractère normatif :
 - La Constitution, les codes, les lois et les actes à caractère réglementaire émanant des autorités de l'Etat ;
 - Les conventions collectives nationales ayant fait l'objet d'un arrêté d'extension.
- Les actes résultant des engagements internationaux de la France :
 - Les traités et accords auxquels la France est partie ;
 - Les directives et règlements émanant des autorités de l'Union européenne, tels qu'ils sont diffusés par ces autorités.
- La jurisprudence :
 - Les décisions et arrêts du Conseil constitutionnel, du Conseil d'État, de la Cour de cassation et du tribunal des conflits ;
 - Ceux des arrêts et jugements rendus par la Cour des comptes et les autres juridictions administratives, judiciaires et financières qui ont été sélectionnés selon les modalités propres à chaque ordre de juridiction ;
 - Les arrêts de la Cour européenne des droits de l'homme et les décisions de la Commission européenne des droits de l'homme ;
 - Les décisions de la Cour de justice des Communautés européennes et du tribunal de première instance des Communautés européennes.
- Un ensemble de publications officielles :
 - L'édition « Lois et décrets » du Journal officiel de la République française ;
 - Les bulletins officiels des ministères ;
 - Le Journal officiel des Communautés européennes.

Ce site donne accès, directement ou par l'établissement de liens, à l'ensemble des données. Il met à la disposition du public des instruments destinés à faciliter la recherche de ces données. Il offre la faculté de consulter les autres sites publics nationaux, ceux des États étrangers, ceux des institutions de l'Union européenne ou d'organisations internationales assurant une mission d'information juridique. Il rend compte de l'actualité législative, réglementaire et juridictionnelle.

Le site Legifrance, bien que pouvant représenter une avancée importante dans l'internet juridique, fait aussi l'objet de nombreuses critiques vis-à-vis de certains problèmes ou fonctionnalités techniques qui en rendent l'utilisation difficile ou impossible, tant pour des spécialistes que pour des citoyens qui y feraient une première recherche juridique. Les principaux problèmes peuvent être ainsi listés :

- l'ergonomie du formulaire de recherche et des listes de résultats pourrait être grandement améliorée, notamment par la mémorisation des requêtes et des résultats et l'introduction de l'opérateur de proximité.
- il faut ouvrir une session pour aller consulter Legifrance, et cette session expire très rapidement. On regarde un livre, un autre site web, la session a expiré et il faut donc refaire toute la procédure de recherche.
- améliorer la recherche sur le titrage des arrêts et sa rapidité de mise en ligne.
- limiter le téléchargement par des licences ne va t'il pas à l'encontre des objectifs de service public ?
- les tarifs des licences Legifrance seraient trop élevés pour des associations ou des particuliers.
- si la licence gratuite ne permet pas de télécharger une base entière, comment peut-on respecter l'obligation de fiabilité imposée au licencié ?
- la mise en page est parfois perdue, l'intégralité d'un document pouvant apparaître sous la forme d'un seul paragraphe peu lisible. (on peut cependant obtenir le texte d'origine en affichant le code source du document)

Tout n'est pourtant pas totalement négatif :

- historiquement, Legifrance permet de rechercher, consulter et imprimer gratuitement des données juridiques brutes numérisées encore payantes il y a peu (date de naissance réelle de Legifrance : février 1998)
- les comparaisons de Legifrance avec ses équivalents nationaux en Europe sont à son avantage, Belgique et Espagne (plus UE et Suisse) exceptés.

Il existe une licence Legifrance gratuite : art. 1 b du contrat de licence de réutilisation des données Legifrance : « Licence sans coût de mise à disposition : L'autorisation porte sur toutes données relevant des bases susmentionnées, à la double condition que, d'une part, le licencié se chargera de les télécharger lui-même, sans utiliser de robot, et que, d'autre part, ces téléchargements ne porteront en aucun cas sur la totalité d'un ensemble de données. »

1.2.2 Le Journal officiel de la république française (JORF)

Conformément à l'ordonnance n° 2004-164 du 20 février 2004 relative aux modalités et effets de la publication des lois et de certains actes administratifs, le Journal officiel électronique authentifié a la même valeur légale que le Journal officiel papier. Il est publié le même jour sur support papier et sous forme numérique. Tous les textes publiés au Journal officiel (JO) entrent en vigueur, sauf exception, le lendemain de leur publication. Le Journal officiel électronique authentifié bénéficie d'une sécurisation informatique renforcée qui garantit la protection maximale de son contenu. Tous les JO parus depuis le 1er juin 2004 sont consultables de manière permanente et gratuite. Tous les textes sont en format PDF. Un JO peut être téléchargé dans son ensemble. Un des intérêts principaux réside dans la validité des textes ou des JO par l'exécution d'une fonction de vérification de l'authenticité et par la génération d'un certificat et de la signature officielle associés à chaque document.

1.2.3 AIDA

Ce site opéré par l'INERIS, de langue française, est un site d'information réglementaire relatif au droit de l'environnement industriel développé à la demande du Ministère du développement durable. Il s'adresse à tout public intéressé par ce sujet et souhaitant consulter la réglementation relative aux installations classées.

Le site Aida regroupe :

- Une sélection de textes communautaires (règlements, directives, décisions, recommandations et avis), publiés dans les Journaux Officiels de l'Union Européenne ;
- Les lois, codes, décrets, arrêtés, circulaires, instructions publiés au Journal Officiel ou au Bulletin Officiel du Ministère du développement durable ;
- Des guides techniques regroupés en trois catégories :
 - Les guides de bonnes pratiques sont considérés par l'administration comme constituant un recueil utile de bonnes pratiques et de bons réflexes qu'il serait souhaitable que l'ensemble des professionnels utilisent. Leur utilité est ainsi reconnue.
 - Les guides sectoriels, pour être reconnus par l'administration au titre de l'arrêté du 10 mai 2000, doivent faire l'objet d'une lecture critique par l'INERIS au titre de ses missions d'appui technique au ministère chargé de l'écologie, puis d'une consultation de l'inspection des installations classées et des professionnels concernés. Une fois un tel guide reconnu, les exploitants de sites SEVESO ont l'obligation de justifier dans l'étude de dangers tout écart par rapport au contenu du guide et peuvent s'appuyer largement sur lui pour mener des démonstrations dans cette même étude de dangers. Les éléments figurant dans ce guide forment donc alors le standard de référence en matière d'étude de dangers dans le domaine.
- Les documents de référence sur les meilleures techniques disponibles (BREF). Les BREF sont des documents de référence. Ils ne sont pas des textes réglementaires. Pour démontrer la mise en œuvre des MTD, l'exploitant utilise les documents BREF relatifs à son activité, il doit expliquer et justifier ses choix. En général, il s'agit du BREF sectoriel correspondant à son activité et les BREF transversaux pertinents. Le BREF est une référence, l'exploitant montre s'il ne met pas en œuvre les MTD du BREF que les techniques qu'il propose sont au moins équivalentes en terme de performance. Les documents BREF sont la source principale d'information sur les meilleures techniques disponibles. Si l'activité d'une installation n'est pas décrite dans un BREF, l'exploitant justifie, sur les critères de l'annexe II de l'arrêté ministériel du 29 juin 2004, que les techniques qu'il exploite ou envisage d'exploiter sont des meilleures techniques disponibles.

La base de données d'AIDA est opérée par le Service « Veille réglementaire » de l'INERIS qui assure la veille de l'actualité juridique à l'aide des supports suivants :

- le site LEGIFRANCE,
- le site EUR-LEX de l'Union européenne,
- le Bulletin Officiel du Ministère du développement durable.
- les circulaires transmises par le Ministère du développement durable.

Les informations relatives aux mises à jour des différentes catégories de textes sont accessibles :

- soit à partir de la page d'accueil du site (indication de la date de dernière mise à jour du site)
- soit dans le corps même du texte (mention du dernier texte modificateur). Les textes sont insérés sur le site dans un délai de cinq jours ouvrés à compter de la date de leur publication.

1.2.4 La base de données Dalloz

Aujourd'hui parmi les leaders de l'édition juridique professionnelle et universitaire en France, les Éditions Dalloz s'appuient à la fois sur les techniques d'édition modernes et de diffusion numérique. Avec près d'un millier de titres, le catalogue des Éditions Dalloz (<http://boutique.dalloz.fr>) rend compte du développement français en matière juridique.

Tous ces fonds documentaires sont également disponibles sur internet via le portail des Éditions Dalloz (www.editions-dalloz.fr) :

- Dalloz actualité, le premier quotidien web juridique.
- Dalloz.fr, la base de donnée conçue à des fins de recherche documentaire sur l'ensemble des fonds Dalloz – Codes, archives des revues, Encyclopédie, Dalloz action, Dalloz jurisprudence, Formules...
- Dalloz étudiant, un site dédié aux étudiants donnant accès à l'ensemble des ressources documentaires adaptées aux études de droit.
- Prépa Dalloz, le site de préparation à distance de l'examen d'accès à la profession d'avocat.

- Dalloz Revues, site de feuilletage en ligne de toutes les revues Dalloz.

Dalloz offre aussi des formations aux professionnels du secteur (Journées d'études, Matinales, Ateliers Omnidroit).

Naturellement toutes ces prestations sont payantes.

1.2.5 Le site Juritravail

Ce site est édité par le CRI, le Centre de Ressources Interactif. Cette organisation professionnelle est spécialisée dans la production de contenu sur le droit du travail. Le centre est composé d'une équipe éditoriale créée il y a plus de 10 ans. Ce service privé et indépendant a pour mandat d'apporter des réponses aux questions que se posent les salariés et les employeurs sur leurs droits, dans le cadre de leur travail.

Juritravail.com possède une équipe d'avocats et de juristes qui expliquent les droits et les obligations professionnelles. Ils informent des dernières jurisprudences et aident dans les démarches grâce à la création de dossiers thématiques, de modèles de contrat, ou de guides complémentaires.

L'édition d'informations en ligne obéit aux mêmes règles que l'édition traditionnelle. Ils s'engagent donc à respecter les différentes règles éditoriales en vigueur. Il en va de même pour l'utilisateur. Tout internaute s'engage à respecter les règles de propriété intellectuelle des différents contenus du site. Toute reproduction, même partielle, du site est interdite sauf en cas d'autorisation préalable de l'éditeur. Le service juridique du site Juritravail.com précise que celui-ci ne peut être tenu pour responsable des dommages réputés de convention express indirects tels que préjudice commercial, perte de commandes, perte d'image de marque... Les renseignements du site sont donnés à titre informatif et ne constituent pas une consultation juridique. En ce sens, Juritravail.com ne peut être tenu responsable en cas de conséquences engendrées non voulues.

1.2.6 Le site EUR-LEX

Le site Internet EUR-Lex permet d'accéder gratuitement au droit de l'Union européenne et à d'autres documents considérés comme publics. Il est disponible dans 23 langues officielles de l'Union européenne. La base de données du site contient quelque 3 000 000 documents, dont les plus anciens datent de 1951. Elle est mise à jour quotidiennement et près de 12 000 documents y sont ajoutés chaque année. EUR-Lex propose :

- les éditions quotidiennes du Journal officiel de l'Union européenne,
- des options de recherche simple et de recherche avancée et plusieurs façons de parcourir le site,
- la possibilité d'afficher et/ou de télécharger des documents (aux formats PDF, HTML, DOC et TIFF),
- des métadonnées analytiques pour chaque document.

EUR-Lex propose deux interfaces de recherche : «RECHERCHE SIMPLE» et «RECHERCHE AVANCÉE». Bien que la recherche avancée offre davantage de possibilités de recherche et d'affichage, la recherche simple conviendra à la plupart des utilisateurs.

Les options de recherche sont nombreuses: recherche par termes, par date, par auteur, par numéro naturel, etc. Il est également possible de parcourir les différents répertoires et collections: traités, accords internationaux, législation en vigueur, actes préparatoires, jurisprudence et questions parlementaires. Chacun de ces secteurs donne accès à d'autres séries de documents: ainsi, la section «législation en vigueur» donne par exemple accès au répertoire de la législation de l'Union européenne en vigueur.

EUR-Lex comporte des informations sur le droit de l'UE, la technique législative et les procédures et acteurs de l'UE. Vous pouvez consulter notre sélection de nouveaux documents, sur la page d'accueil, ou parcourir nos dossiers thématiques. EUR-Lex propose également des liens vers des pages relatives au budget de l'Union européenne, aux registres des institutions et à d'autres sources de documentation et d'information. Enfin, un bulletin d'information comporte les dernières nouvelles concernant EUR-Lex.

1.2.7 Les outils logiciels

Au-delà des sources de connaissances qui prennent principalement la forme de bases de données accessibles en ligne, il existe aussi des offres logicielles plus évoluées qui ambitionnent à dépasser la simple « offre » de documents. On distingue classiquement cinq grands groupes d'outils / d'acteurs (Rallo, 2010).

Le premier est celui des « solutions maison », solutions élaborées par les directions Systèmes d'information des entreprises. Il s'agit de logiciels et/ou de bases de données qui rassemblent généralement une grande expertise. Les contenus sont souvent très riches et révèlent, parfois, un haut niveau de savoir-faire. Malheureusement, force est de constater que ces outils sont difficilement mis à jour, ils deviennent donc rapidement obsolètes, et ne sont pas optimisés du point de vue ergonomique. La plupart des grandes entreprises les délaissent donc au profit de solutions du marché et plus particulièrement des offres SaaS (software as a system).

Le deuxième est celui des « institutionnels » (structures publiques ou parapubliques) de la prévention des risques. Il s'agit généralement d'informations en ligne (via Internet) très souvent gratuites, parfois payantes (via des bases des données) présentant les nouveaux textes réglementaires et/ou quelques résumés de textes, mais sans véritable valeur ajoutée de l'information.

Le troisième groupe est constitué par les éditeurs d'informations juridiques. Ce sont les acteurs « historiques » du marché. Ils proposent des bases de données riches et documentées. Les textes bénéficient d'une analyse adaptée à des juristes ou à des experts en SSE mais beaucoup moins à des préventeurs terrain ou à des managers opérationnels. L'information réglementaire, peu accessible, doit être systématiquement retraitée par les experts SSE ou les juristes internes des entreprises afin de l'exploiter en termes d'applicabilité et d'actions précises à mettre en œuvre.

Le quatrième groupe est celui des bureaux de contrôle ou de conseil. Ils ont pour habitude d'accompagner les entreprises au quotidien. De fait, ils commercialisent des bases de données à l'approche technique plus orientée vers les préventeurs mais les textes ne sont pas réellement traduits en exigences réglementaires précises et le recours au conseil et à l'accompagnement reste nécessaire, voire indispensable.

Enfin, le dernier, au sein duquel la société Preventeo® (partenaire de ce travail de recherche) se situe, est constitué par des éditeurs spécialisés. Ils proposent des bases de données particulièrement élaborées. Les sections de textes réglementaires engendrant des obligations pour les employeurs/exploitants sont mises en évidence (de façon plus ou moins détaillée selon les acteurs). Certains acteurs proposent, au-delà de la veille réglementaire, de véritables outils d'analyse des risques et d'aide à la décision.

Ces sources ont chacune une spécialité au niveau des informations proposées. Il est généralement possible de faire des recherches suivant différents filtres tels que la date, le type de textes recherché ou encore une rubrique (législation applicable aux Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE)) en particulier. Pour un préventeur, il est cependant difficile de se repérer dans ces différentes sources, les lois évoluent, de nouvelles sont votées. La veille réglementaire à l'aide de ces sources se révèle longue et fastidieuse pour un expert du domaine, et presque impossible pour un novice du fait du nombre de textes et des conditions d'applicabilité de chacun.

1.3 La démarche de maîtrise des conformités

Cette dernière section est organisée en trois sous-sections. La première décrit la démarche de veille. La deuxième détaille celle d'évaluation de la conformité et la dernière celle de la gestion des plans d'actions.

1.3.1 La veille réglementaire

Il s'agit ici de considérer les acteurs du système, le périmètre à veiller et le suivi des évolutions.

1.3.1.1 L'organisation et les acteurs

Plusieurs travaux (Audiffren, 2012a. Bourreau, 2012a. Lefranc, 2012a) ont très largement insisté sur la nécessité de définir une organisation afin d'optimiser les processus de management de la sécurité. Ainsi, la définition de l'organisation a pour vocation de décrire la structure de l'entreprise afin d'en déduire le périmètre réglementaire applicable.

Une organisation peut être géographique, fonctionnelle, structurée par processus ou encore, le plus souvent, mixte. Une organisation mixte peut à titre d'exemple faire apparaître les sites de l'entreprise (approche géographique) puis, classer les activités de chaque site selon des processus distincts (exemples : usinage pièce A, usinage pièce B, fabrication pièce C,...) ou des spécifications fonctionnelles (exemples : production, magasin, service administratif,...).

Sur la base de l'organisation définie, il convient ensuite d'identifier les acteurs en charge de la mise en conformité de l'entreprise. En effet, Audiffren souligne que ce travail est l'une des clés de la réussite et qu'il passe par une implication forte des différents services de l'entreprise. Pourtant, l'étude citée plus haut constate que dans la majorité des cas la gestion du système de maîtrise des conformités est réduite au niveau du responsable Qualité, Sécurité, Environnement (QSE).

1.3.1.2 Définition du périmètre réglementaire

Sur la base de l'organisation définie, l'étape suivante consiste à préciser le périmètre réglementaire applicable à l'entreprise. Ceci implique un recoupement d'informations propres à l'entreprise. Les principaux critères à prendre en considération dans le domaine SSE touchent aux infrastructures, aux installations, aux équipements et substances, aux catégories de travailleurs ainsi qu'aux activités et risques présents.

Audiffren a ainsi établi une typologie des paramètres à considérer (Tableau 1).

Tableau 1 - Critères de définition du périmètre légal applicable

Critère	Paramètre (exemples)	Domaine concerné
Infrastructures	Ancienneté du bâtiment (risque amiante, plomb, ...)	Santé et Sécurité au Travail / Environnement
	Localisation du bâtiment (termes, risques naturels,...)	
	Hauteur (Réglementation incendie,...)	
Installations, équipements et substances	Installation Classée pour la Protection de l'Environnement (produits inflammables,...)	Environnement
	Risques (équipement de levage, équipements mobiles,...)	Santé et Sécurité au Travail
Travailleurs	Effectif (CHSCT, personnel infirmier,...)	Santé et Sécurité au Travail / Environnement
	Types de contrat (CDD, CDI,...)	Santé et Sécurité au Travail
Activités / risques	Installation Classée pour la Protection de l'Environnement (Traitement de déchets,...)	Environnement
	Manutention manuelle de charges	Santé et Sécurité au Travail
	Risques électriques,...	Santé et Sécurité au Travail

1.3.1.3 Suivi des évolutions

Le périmètre légal applicable à une entreprise est naturellement mouvant, la réglementation évoluant constamment. Le suivi de ces changements constitue une étape incontournable de la veille réglementaire. Cela oblige à veiller deux éléments :

- l'apparition de nouvelles réglementations
- l'évolution des critères et paramètres propres à l'entreprise.

Là encore, l'analyse d'Audiffren est utile à la compréhension de ces évolutions (Tableau 2).

Tableau 2 - Conditions de suivi des évolutions légales

Evolutions réglementaires (exemples)	Evolutions dans l'entreprise (exemples)
Publication d'un nouveau texte → Nouvelles exigences	Construction d'un nouveau bâtiment
Modification d'un texte existant → Ajout / modification d'exigences	Incorporation d'une entreprise avec augmentation de l'effectif
Abrogation d'un texte existant → Suppression d'exigences	Déploiement d'une nouvelle activité soumise au régime ICPE...

1.3.2 Démarche d'évaluation de conformité

En ce qui concerne la démarche d'évaluation de la conformité, le même principe de description a été repris. Ainsi sont décrits : les acteurs, les activités en lien avec l'évaluation et le suivi de la situation.

1.3.2.1 Les acteurs

L'évaluation de la conformité est conduite par des évaluateurs qui s'appuient, notamment, sur les réponses apportées par des personnes interviewées.

Les évaluateurs sont généralement « internes » à l'entreprise. Le terme d'auto-évaluation de conformité est souvent utilisé. Ils peuvent aussi être « externes ». Dans ce cas, il s'agit d'un vérificateur extérieur (membres d'un bureau de contrôle et de conseil) qui apporte un regard « neuf » à l'évaluation (Innes, 2009). Cette approche permet en principe de mieux identifier certains points faibles de l'entreprise. Ces derniers sont a priori moins facilement perceptibles par un évaluateur « interne » qui manque parfois de recul sur les situations rencontrées (Audiffren, 2012a. Bourreau, 2012a). Il semblerait judicieux de recourir à une équipe d'évaluateurs composée d'acteurs internes et externes à l'entreprise.

La seconde catégorie d'acteurs se compose des personnes interviewées. En effet, le respect de la réglementation oblige l'implication de nombreux responsables. On dénombre ainsi

généralement : la direction, le CHSCT, la médecine du travail, les différents responsables de services, le service des RH, le responsable maintenance, le responsable QSE. Leur participation est essentielle pour garantir tout à la fois une bonne vision de la situation et une mise en conformité des défaillances constatées.

1.3.2.2 Les activités de l'évaluation

Trois activités sont généralement déployées (Innes, 2009) :

- La visite de terrain : Elle consiste à « faire le tour » de l'entreprise afin de déceler de potentielles non-conformités. Un guide ou référentiel est souvent utilisé afin d'orienter l'analyse, généralement il s'agit d'une check-list. La visite permet de prendre connaissance des installations, des équipements et des modes opératoires mis en œuvre par les collaborateurs de l'entreprise dans le cadre de leurs missions.
- L'interview des managers : Elle consiste à interroger les responsables de l'entreprise. Là encore un référentiel est souvent utilisé. Il se fonde le plus souvent sur la réglementation en vigueur en lien avec les activités relevant du manager rencontré ou plus généralement des différents acteurs de l'entreprise.
- La revue documentaire : Elle vise à étudier de manière détaillée la documentation mise en place dans l'entreprise. Cette action doit permettre de venir confirmer ou infirmer les résultats des deux actions précédentes en les confrontant à l'existence ou non de preuves documentaires.

Ces activités se révèlent particulièrement coûteuses en temps et en ressources. Leur programmation préalable est donc primordiale pour le bon déroulement du travail d'évaluation qui sans être exhaustif se doit d'être de qualité et dans tous les cas porteurs d'axes de progrès.

1.3.2.3 Le suivi des indicateurs

Les résultats de l'évaluation doivent être organisés et synthétisés dans un rapport de conformité. Le rapport présenté à une direction (exemple : direction d'un établissement) doit

reprendre des indicateurs démontrant les grandes tendances telles que le niveau de conformité global (voir Figure 1) ou encore la répartition des non-conformités selon de grandes thématiques ou principes de management (voir Figure 2).

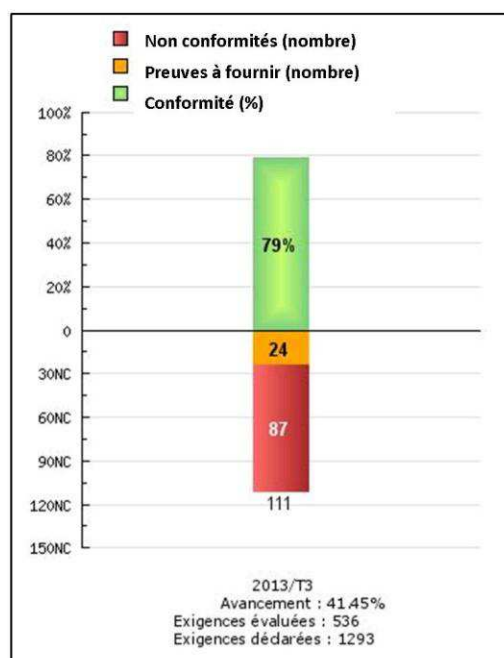


Figure 1 - Conformité globale (source : Preventeo®)

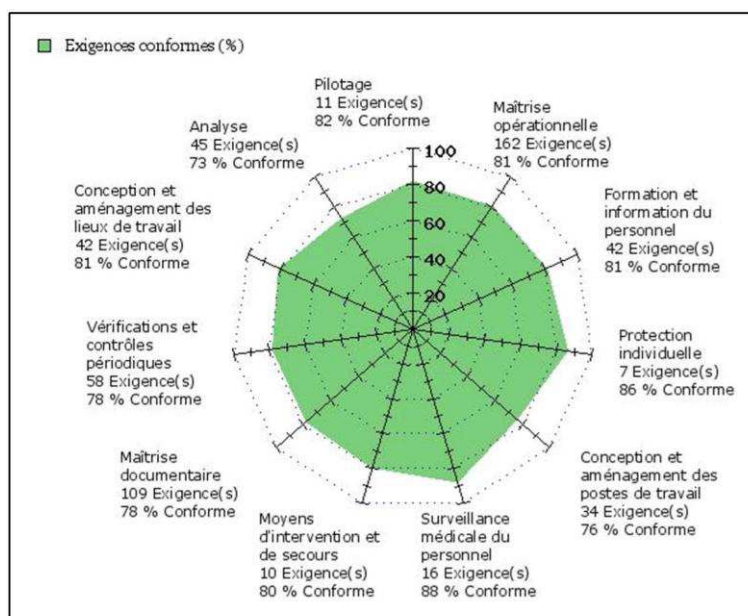


Figure 2 - Conformité par principes de management (source : Preventeo®)

A l'inverse, les résultats présentés aux responsables en charge des mises en conformité peuvent être plus détaillés et reprendre par exemple la liste complète des non-conformités relevées dans leur ensemble. Cette présentation constitue alors un prélude à l'étape de suivi et de gestion des plans d'actions (Juglaret, 2011b, 2011c).

Les principes de management représentent la catégorisation des exigences réglementaires selon les grands axes de management de l'entreprise (Tableau 3). Ceci permet de classer les résultats d'évaluation de la conformité dans les rapports afin d'apporter une meilleure vision des axes d'amélioration au sein de l'entreprise.

Tableau 3 - Liste des principes de management SSE

Principe de management	Description
Analyse	Intègre les notions d'audits et d'inspections, les enquêtes en cas d'accident ou d'incident et l'analyse des situations de travail
Formation et information	Intègre les notions de formation du personnel, d'information du personnel et d'habilitation du personnel
Conception et aménagement des lieux de travail	Intègre l'aménagement des lieux de travail
Maîtrise opérationnelle	Intègre la maîtrise des situations d'urgence et la maîtrise de la sécurité des activités
Maîtrise documentaire	Intègre la mise en place et la pertinence des documents, la transmission, la disponibilité et la mise à jour des documents.
Protection individuelle	Intègre la mise à disposition et le port, l'entretien et le choix des équipements de protection individuelle (EPI)

Pilotage	Intègre la notion de planification de la prévention, de la politique de prévention et de la définition des rôles et des responsabilités
Vérification et contrôles périodiques	Intègre la vérification, les contrôles périodiques, le contrôle d'ambiance et la maintenance des équipements de travail
Moyens d'intervention et de secours	Intègre le matériel et les équipements contre l'incendie ainsi que les moyens de sauvetage et de secours médicalisés
Surveillance médicale du personnel	Intègre l'examen et le suivi médical ainsi que la surveillance médicale renforcée
Conception et aménagement des postes de travail	Intègre la mise en place des protections collectives et l'ergonomie des postes de travail
Ingénierie des procédés et produits	Intègre les travaux de substitutions des produits et techniques par des procédés plus propres et économes

1.3.3 Démarche de suivi et de gestion des plans d'actions

La démarche de gestion des plans d'actions conduit à traiter la planification et le suivi des actions.

1.3.3.1 Planification

Les résultats de l'évaluation de conformité conduisent à l'élaboration d'un plan d'actions. Préalablement à la mise en conformité, il convient de passer par une étape de planification.

Cette dernière a pour objet la détermination des priorités d'action au regard des ressources dont dispose l'entreprise. A cette occasion, on repère aussi les pilotes responsables de chaque action à mener.

La gestion des priorités d'actions dépend de nombreux critères propres à chaque entreprise. On peut néanmoins citer, uniquement à titre d'exemple :

- L'existence d'un risque grave et direct pour la sécurité des travailleurs ou l'environnement,
- Le coût de réalisation d'une action,
- La possibilité d'un engagement de responsabilité pénale de l'employeur, de l'exploitant ou de leurs délégataires,...

Dans le cas d'une entreprise multi-sites, il peut être utile de prioriser les actions également en fonction du caractère redondant des non-conformités. En effet, une non-conformité présente dans plusieurs sites peut révéler une lacune profonde dans le système de gestion global de l'entreprise. Les critères présentés ici ont une simple valeur d'exemple et la liste proposée n'est en rien limitative.

1.3.3.2 Suivi de la réalisation

Sur la base des délais fixés lors de l'étape de planification des actions, un ou plusieurs responsables doivent être en charge du suivi de la réalisation des actions de mise en conformité.

Le suivi de réalisation s'appuie sur un calendrier qui doit permettre de visionner les étapes de mise en conformité dans les semaines ou les mois à venir. Un tel dispositif permet d'avoir un aperçu des actions non-réalisées et de redéfinir régulièrement les priorités d'action. Un suivi régulier permet d'intégrer directement la gestion de conformité dans les activités courantes de l'entreprise.

1.3.4 Bénéfices et limites des démarches d'évaluation

Les démarches de veille et de conformités ont été décrites, il convient à ce stade de la rédaction de s'interroger sur leurs apports et limites respectives. Il nous est apparu utile de conduire une synthèse à ce propos afin de bien apprécier les impacts futurs des travaux conduits dans cette thèse et visant à accompagner les démarches d'évaluation.

1.3.4.1 Les avantages

Le rapport de Gallagher (2001) évoque les aspects positifs liés au développement de la pratique de l'audit et de l'évaluation. Elle semble avoir contribué à l'adoption de systèmes de management de la sécurité (SMS) (Cambon, 2006. Cambon, 2008) tout en jouant un rôle significatif dans la mise en place d'un standard minimum avec le recours à la certification. L'évaluation est également vecteur de promotion des processus de maîtrise documentaire qui doivent permettre de faciliter la communication ainsi que la restitution des connaissances au sein d'une organisation. Les outils d'audit ont en outre joué un rôle positif pour assister ces dernières dans leur compréhension et la conceptualisation du SMS "par blocs".

L'étude de Dan Petersen (2001) insiste sur le fait que les outils d'audit ne sont efficaces pour mesurer la performance que si l'organisation auditée s'est au préalable assurée que les éléments audités mènent vers de réels résultats en matière de SST. Ce point de vue est intéressant car il insiste sur le fait que l'efficacité de l'audit est en partie liée à la qualité de la définition des objectifs et facteurs d'amélioration.

Le travail de Claire Gallagher, Elsa Underhill et Malcolm Rimmer (2001) confirme ce point en ajoutant qu'une bonne utilisation des outils permet la vérification et la validation du SMS tout en favorisant l'amélioration continue. Elle reflète en outre les facteurs de succès du système. Les auteurs rappellent également que si l'audit est bien intégré au déploiement du système de management, il permet une approche plus compréhensive de la mesure de la performance de ce dernier.

1.3.4.2 Les limites

Dans beaucoup de situations, les outils d'audit sont perçus comme efficaces pour mesurer la performance des SMS. Cependant, le rapport intitulé "*The Safety Scorecard: Using Multiple Measures to Judge Safety System Effectiveness*" montre qu'en étudiant la littérature sur le sujet, il apparaît que dans la plupart des cas ces travaux exposent qu'il n'existe aucune corrélation voire même des corrélations négatives entre la performance du SMS et la réalisation d'audits.

Pour les auteurs Roy, Bergeron et Fortier (2004) ce phénomène s'explique notamment par le fait que la comptabilisation des événements peut être très différente d'un établissement à l'autre (même lorsque l'organisation est similaire). En conséquence, la mesure de la performance au moyen d'un audit semble extrêmement subjective et «*dépend du système de valeurs des évaluateurs*»(p. 17). Petersen (2001) le met également en exergue en rappelant qu'il n'existe pas, à l'heure actuelle, de référentiel unique. Dans cette situation, chaque référentiel d'audit reflète les idées (opinions) et "biais" (traduit littéralement de l'anglais) des personnes qui les rédigent avec leurs propres croyances (connaissance, expérience,...). L'audit consiste alors à faire rentrer les éléments prédéfinis (objectifs) dans un système de management pour obtenir un bon score ou le plus grand nombre d'étoiles. De ce fait, selon lui, "*le concept d'audit est devenu suspect*" (p. 2). Là où l'outil se popularise, les acteurs (managers, pouvoirs publics,...) semblent ne plus se poser beaucoup de questions sur la performance et la validité du système en place. Dans la plupart de ces derniers, les éléments définis ont en outre la même importance (absence de cotation des composants tels que : conformité réglementaire, pertinence de l'analyse des risques,...). Ce constat nuit à la validité et à la pertinence des résultats d'audit.

Pour Gallagher (2001), une mauvaise utilisation des outils d'audit peut entraîner la mise en place d'un "*paper system*" (p.9) qui instrumentalise le recours à l'audit lui-même en ne s'appuyant plus que sur une revue documentaire, ne prenant plus en compte les pratiques de terrain ou encore la perception des travailleurs. Cette situation peut être due au fait que la compétence de l'auditeur est inappropriée et va conduire à ce que son travail soit mal compris par les acteurs de la structure auditée. L'audit ne doit pas, selon les auteurs du rapport, être

utilisé dès le déploiement du SMS ni comme outil principal (voire unique) de mesure de la performance.

L'étude relève de plus les critiques formulées à l'encontre du recours à l'audit comme outil de mesure de la performance d'un système de management :

- Ces outils sont standardisés et doivent être adaptés alors qu'en pratique ils sont souvent pris comme modèles de performance d'un SMS (ce qu'ils ne sont pas selon les auteurs).
- L'instrumentalisation des outils d'audit dans un "*paper system*" ne permet pas de mesurer l'efficacité du système d'identification des risques professionnels dans l'entreprise. Ici la vérification ne va pas s'intéresser aux problèmes de fond en matière de gestion de la SST des travailleurs.
- En se focalisant plus sur l'étude des chiffres et taux de fréquences liés aux AT que sur les mesures de prévention, l'audit se contente de valider la liste des dangers identifiés sans favoriser une projection et une anticipation des risques sur le long terme. Une telle démarche empêche la mise en lumière des risques majeurs car ces derniers sont rarement mis en valeur par les seuls indicateurs de taux de fréquence.
- L'implication des travailleurs dans le déploiement du système de management est rarement priorisée comme critère de performance lors des audits. Ceci est en partie lié au fait que le processus d'audit est souvent trop bref pour développer une information de qualité sur l'implication des différentes parties prenantes dans le SMS. Ce phénomène peut être parfois accentué par le manque de compétence de l'auditeur (ou une compétence inadaptée). Afin de limiter les dérives liées à cette pauvreté de l'information, les auteurs suggèrent le recours à des questionnaires destinés aux travailleurs, managers expérimentés,... afin de prendre en compte la culture de sécurité développée dans l'entreprise auditée (Lefranc, 2012b, 2013).

L'étude "*The effectiveness of occupational health and safety management system interventions: A systematic review*" (Robson, 2006) expose que les OHSMS (terme anglo-saxon) ont un développement très variable en fonction des méthodes d'audit utilisées et qu'il n'existe donc pas de réelle uniformisation dans leur utilisation. Au même titre que celui de

Petersen, ce rapport montre qu'il n'existe pas de corrélation (directe ou indirecte) entre une "bonne note" d'audit et la diminution des coûts économiques liés à la survenance des AT et MP.

Dans son travail, Innes (2009) suggère le recours à des questionnaires sous forme de "*check-lists*" (listes de vérification) afin de ne rien oublier lors de la réalisation de l'inspection. Il constate néanmoins qu'une utilisation machinale et superficielle de celles-ci cloisonne l'enquête si l'auditeur ne prend pas le temps d'explicitier le contenu de ces listes de questions.

Conclusion du chapitre

Ce chapitre a permis de poser le cadre (les références) du travail de thèse. Il a conduit à rassembler et à organiser un corpus de connaissances et de données qui apparaît essentiel au processus de conception d'une ontologie puis d'un système à base de connaissances pour la maîtrise des conformités réglementaires. La complexité de la question du droit, la multiplicité des acteurs, le foisonnement des réglementations, le degré de maturité des organisations et des acteurs tant du management que de la prévention soulignent les besoins de « repérer » des données et des connaissances utiles à la prévention, de développer et d'entretenir des capacités d'analyse et au final de conduire des évaluations qui feront l'objet de plans d'actions sources de progrès en matière de sécurité. Tous ces arguments et ces besoins révèlent la nécessité d'un effort évident d'ingénierie de la connaissance dont la première étape réside dans la conception d'une ontologie du domaine.

Chapitre 2. L'apport du concept d'ontologie à la maîtrise des conformités légales

L'utilisation de connaissances en informatique a pour but d'alimenter les systèmes d'aide à la décision. Ces systèmes reposent principalement sur des modélisations de l'expertise à l'aide de règles. Afin d'en faciliter la conception, le concept d'ontologie est généralement mobilisé. Ce concept est au cœur des problématiques d'ingénierie de la connaissance. Ce deuxième chapitre vise à définir le concept, les modèles et outils associés et les méthodes de conception.

2.1 Élément de définition et bénéfices avérés

Ontologie est un terme qui naît dans la philosophie comme une branche de la Métaphysique, qui s'intéresse à l'existence, à l'être en tant qu'être et aux catégories fondamentales de l'existant. Ontologie vient du grec *Ontos* : Ce qui existe, l'existant et *Logos* : l'étude, le discours dont la traduction se retrouve en l'étude de l'être, de l'existence. Aristote qualifie l'ontologie de philosophie « première » (*Prote philosophia*), la science de l'être en tant qu'être, au contraire des philosophies « secondes » qui s'intéressent à l'étude des manifestations de l'être. L'Ontologie est donc la branche de la philosophie qui traite de la nature et de l'organisation de la réalité. Elle côtoie l'épistémologie qui traite quant à elle de la nature et des origines de la connaissance (Nef, 1998).

Le terme, bien que grec, n'apparaît qu'au 17^{ème} siècle en tant que discipline. Il connaît depuis une vingtaine d'années un renouveau important. En 1980, John Mc Carthy (1980) décrit le regroupement entre le travail fait sur l'ontologie philosophique et les travaux sur la construction de théories logiques des systèmes d'intelligence artificielle. Quelques années plus tard, Smith (2003) rapproche davantage les deux concepts, philosophique et informatique, en montrant les bénéfices du concept pour l'autre et vice versa. Le concept s'introduit donc dans

les systèmes informatiques et donne lieu à bons nombres de travaux sur la construction, la méthodologie, l'utilisation et l'intérêt des ontologies dans l'ingénierie de la connaissance.

2.1.1 Quelques définitions

Les définitions sont nombreuses suivant le domaine d'application du concept.

En 1991, suite aux travaux sur l'intelligence artificielle, Neeches (1991) propose la première définition de l'ontologie : « *Une ontologie définit les termes et les relations de base du vocabulaire d'un domaine ainsi que les règles qui indiquent comment combiner les termes et les relations de façon à pouvoir étendre le vocabulaire* ». Cette définition est enrichie par Coral (2006) : « *Un vocabulaire d'un domaine spécifique représentant des éléments conceptuels et les relations existants entre ceux-ci* ».

La définition la plus citée est celle de Tom Gruber (Gruber, 1993) qui décrit l'ontologie comme « *une spécification explicite d'une conceptualisation* ». La communauté lui reproche son caractère trop vague et générique. La définition proposée par Studer et al. (Studer, 1998) la complète : « *une spécification formelle et explicite d'une conceptualisation partagée* ». Cette définition ajoute l'idée de formalisation, qui considère alors que l'information peut être utilisée dans un système informatique. On notera aussi l'ajout de la notion de partage, celle-ci mettant en valeur l'importance de la connaissance consensuelle au sein de cette modélisation.

D'une manière plus spécifique à l'informatique, une ontologie se définit comme une spécification de la conceptualisation d'un domaine. Dans ce travail de thèse, le domaine est celui de la santé, de la sécurité et de l'environnement. La définition retenue est: “*Domain ontologies: Describe the vocabulary related to a generic domain (for example, information systems or medicine), by means of the specialization of the introduced concepts of high-level ontologies*” (Coral, 2006).

Les intérêts et bénéfices des ontologies sont multiples et divers. On retient souvent que le but d'une ontologie est de mettre en évidence les relations qui existent au sein du vocabulaire d'un

domaine afin d'offrir une représentation nouvelle d'un dictionnaire. En règle générale, la construction d'une ontologie répond au besoin de :

- Clarifier la structure de connaissances,
- Réduire les ambiguïtés conceptuelles et terminologiques,
- Permettre le partage de connaissances.

2.1.2 Composants d'une ontologie

Une ontologie propose un vocabulaire d'un domaine et définit la signification des termes et des relations de ce domaine. Selon Gomez, (1999) les connaissances traduites par une ontologie sont à véhiculer à l'aide de plusieurs éléments que sont : concepts, relations, fonctions, axiomes et instances (Gruber, 1993) :

- Un concept correspond à une abstraction pertinente d'un segment de la réalité, le domaine retenu selon des besoins fixés par l'ontologie. Un concept peut être classé selon le niveau d'abstraction, l'atomicité ou le niveau de réalité. Le terme de concept est souvent retrouvé dans la littérature sous le terme de « classe ».
- Une relation correspond aux associations entre les concepts. Une relation peut prendre les valeurs suivantes : *Sous_classe_de*, *Partie_de*, *Associée_à*, *Instance_de*, etc. Cela correspond aux types d'interactions possibles entre les classes du domaine. Les relations permettent donc de structurer la connaissance au sein de l'ontologie. On considère généralement deux types de relations : Les relations « taxonomiques » qui ont pour but d'organiser hiérarchiquement les concepts ou ensemble de concepts. Les relations « associatives » qui désignent toutes les relations qui ne sont pas taxonomiques.
- Il existe des relations particulières, les fonctions. Ce sont des relations auxquelles sont associées des valeurs spécifiques à l'application. Les fonctions sont définies telles que : $c1 * c2 * \dots cn-1 \square cn$. Par exemple : *Père_de* est une fonction binaire, *identifiant_associé_calculé* est une fonction ternaire.
- Un axiome est une assertion, considérée comme vraie, qui concerne les abstractions du domaine de l'ontologie. Les axiomes peuvent être considérés comme des règles. Ils peuvent avoir plusieurs objectifs dans une ontologie : définir la signification d'un composant, définir des contraintes sur la valeur d'un attribut, définir les arguments

d'une relation ou vérifier la conformité des informations ou même en déduire de nouvelles.

Une instance est utilisée pour représenter un élément du domaine. Par exemple : Décret et Norme sont des instances du concept *Nature_de_texte*.

2.1.3 Typologies des ontologies

La Figure 3 représente les différentes ontologies selon le champ d'application (Coral, 2006).

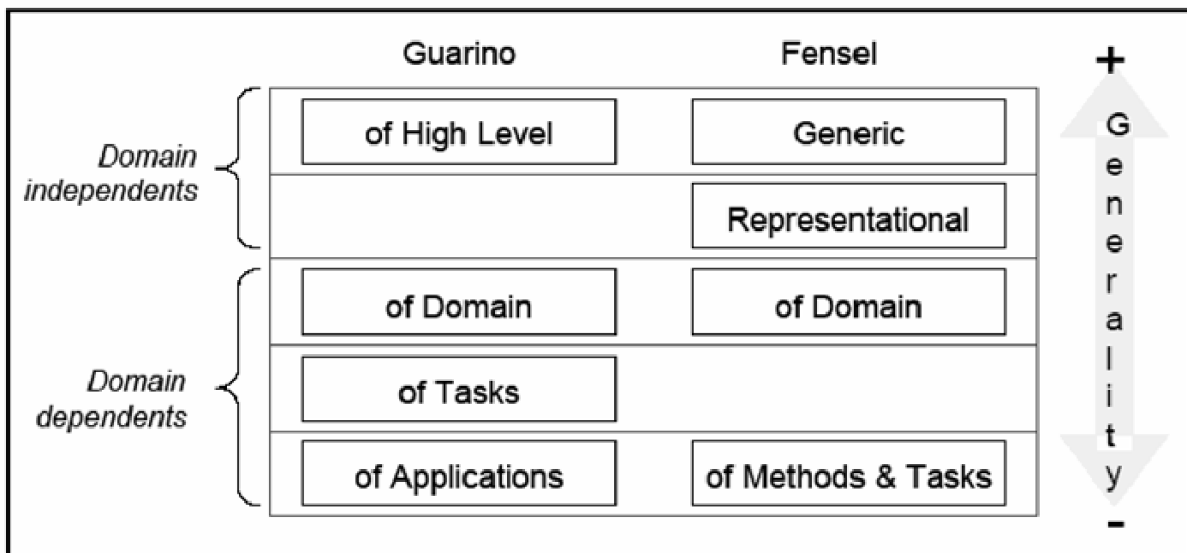


Figure 3 - Types d'ontologies selon le niveau de généralisation

Il existe de nombreux autres types d'ontologies, cependant, Uschold et Jasper (Uschold et al, 1999) proposent la caractérisation suivante : « *An ontology may take a variety of forms, but necessarily it will include a vocabulary of terms, and some specification of their meaning. This includes definitions and an indication of how concepts are interrelated which collectively impose a structure on the domain and constrain the possible interpretations of terms* ».

De même, il est possible de classer les ontologies selon plusieurs domaines :

- l'objet de conceptualisation,

- le niveau de détail,
- le niveau de complétude,
- le niveau de formalisme de représentation.

Chaque domaine contient un certain nombre de types d'ontologies.

2.1.3.1 Selon l'objet de conceptualisation

Cette typologie est l'une des représentations les plus citées. Il est à considérer quatre niveaux selon le degré de conceptualisation :

- Ontologie de haut niveau (Top-level ontologies) : Elles ont pour but de définir la connaissance la plus large possible, c'est-à-dire qu'elles contiennent des concepts généraux. Elles sont réutilisables d'un domaine à un autre et permettent de réduire l'ambiguïté de la base de l'ontologie. Il existe un certain nombre d'ontologies de ce type, les plus connus étant l'ontologie du projet Cyc (projet d'intelligence artificielle visant à développer une ontologie globale et une base de connaissance générale, lancé en 1984 par Douglas Lenat) et du projet Suggested Upper Merged Ontology (SUMO) qui ont tout deux pour but de définir la connaissance générale du monde. Dans ces ontologies, il est rare de trouver des individus, le but n'est que de proposer une hiérarchie des connaissances. Dans le cadre de ce travail de recherche, il est à noter l'existence du projet *Legal Knowledge Interchange Format* (LKIF) (Hoekstra, 2009), une ontologie de haut niveau définissant la base du droit, cette ontologie est présentée plus en détail dans le paragraphe « Ontologies existantes du domaine ».
- Ontologie de domaine : S'il est à considérer une hiérarchie des ontologies, il est possible de décrire une ontologie de domaine comme une spécification d'une ontologie de haut niveau. Ces ontologies s'évertuent à préciser des domaines particuliers et peuvent être rattachées aux ontologies de haut niveau par un ou un ensemble de concepts de l'ontologie de haut niveau.
- Ontologie de tâches : Elles sont utilisées pour décrire les concepts permettant la résolution de problème d'activités spécifiques. Elles contiennent des termes et relations permettant de décrire les solutions de problèmes. A noter que ces ontologies sont indépendantes du domaine.

- Ontologie d'applications : Un niveau plus précis encore est spécifié dans l'ontologie d'applications, ces ontologies décrivent de manière précise les activités spécifiques à un domaine d'application. Il est possible de considérer ces ontologies comme une union entre les ontologies de tâches et les ontologies de domaine.

2.1.3.2 Selon le niveau de détail

Selon la précision apportée dans l'ontologie, il est possible de définir deux types d'ontologies en rapport direct avec le détail apporté dans la description des ressources.

- Granularité large : Les ontologies de haut niveau ont une granularité large, compte tenu de la nature des informations décrites, la précision est très faible dans la profondeur de description.
- Granularité fine : Au contraire du type précédent, ces ontologies sont très détaillées ou possèdent un vocabulaire plus riche permettant une description plus précise en utilisant par exemple les termes spécifiques aux activités recensées. Un fort engagement sémantique est intrinsèque à ce genre d'ontologies.

2.1.3.3 Selon le niveau de complétude

Selon le niveau de complétude, trois types d'ontologies sont généralement considérés.

- Niveau sémantique : les concepts de ces ontologies respectent quatre principes différentiels : Communauté avec l'ancêtre, différence par rapport à l'ancêtre (spécification), communauté avec les concepts de même niveau, différence avec ces concepts de même niveau.
- Niveau référentiel : Outre les spécifications énoncées au niveau sémantique, les concepts référentiels sont caractérisés par un terme dont la sémantique est définie par une extension d'objets. L'ontologie spécifie les objets du domaine qui peuvent être associés aux concepts. Ainsi, deux concepts référentiels sont identiques s'ils possèdent la même extension.
- Niveau opérationnel : En plus des spécifications énoncées ci-dessus, les concepts de ce niveau sont caractérisés par les opérations applicables permettant de générer des inférences.

2.1.3.4 Selon le niveau de formalisme

Quatre types d'ontologies sont proposés :

- Ontologies informelles : Elles utilisent un langage naturel.
- Ontologies semi-informelles qui utilisent un langage naturel structuré et limité.
- Ontologies semi-formelles qui utilisent un langage artificiel défini formellement.
- Ontologies formelles : Elles utilisent un langage artificiel défini formellement.

Ces différents types d'ontologies sont utilisés en fonction du domaine d'application et surtout selon la finalité de l'ontologie.

2.1.4 Cycle de vie d'une ontologie

Puisqu'une ontologie est vouée à être utilisée au sein d'un système informatique, le développement de celle-ci suit les mêmes principes que ceux appliqués en génie logiciel. Une ontologie est alors munie d'un cycle de vie commun à l'application logicielle.

Les activités (Figure 4 - Cycle de vie d'une ontologie) liées à une ontologie sont :

- Gestion de projet : Spécification, validation, évaluation
- Développement : Normalisation, Formalisation, Opérationnalisation, déploiement
- Support : documentation, maintenance, utilisation

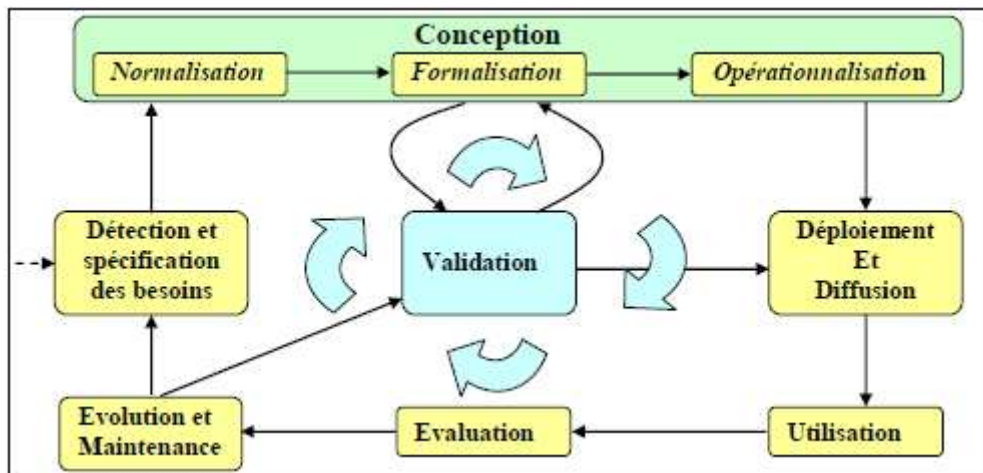


Figure 4 - Cycle de vie d'une ontologie

2.2 Les méthodes de formalisation des connaissances

Il existe un grand nombre de méthodologies de construction d'ontologies, chacune ayant un objectif et des principes différents. L'absence de textbook⁷ ainsi qu'une proposition de méthode générique ralentissent les travaux inter-ontologie. Chaque ontologie pouvant être construite selon une méthode particulière, il peut être difficile de lier plusieurs ontologies entre elles, dans un but de réutilisation par exemple. La méthode se définit par les processus, les étapes, la définition de la conceptualisation ainsi que le résultat. Le nombre de méthodes de construction s'explique aussi par l'objectif final de chaque ontologie, en effet, une ontologie étant créée pour un besoin donné, une méthode de construction peut être justifiée par ce besoin.

De manière générale, toutes les méthodes de construction proposent une construction en deux étapes :

- une étape de formalisation des connaissances (ontologie conceptuelle)
- une étape d'opérationnalisation des connaissances (ontologie computationnelle).

⁷ Guide ou manuel de conception

2.2.1 Principes communs

Quelle que soit la méthode retenue par l'ontologue, il existe un certain nombre de principes qui doivent guider l'expert lors de la construction de l'ontologie. Psyché (Psyché 2004) propose dix principes et recommandations à respecter :

- Clarté et objectivité (Gruber, 1993) : L'ontologie doit fournir la signification des termes définis en fournissant des définitions objectives et une documentation en langage naturel.
- Complétude et perfection (Gruber, 1993) : Une définition exprimée par des conditions nécessaires et suffisantes est préférée à une définition partielle.
- Cohérence (Gruber, 1993) : Une ontologie cohérente doit permettre des inférences conformes à ces définitions.
- Extensibilité monotone maximale (Gruber, 1993) : De nouveaux termes généraux et spécialisés devraient être inclus dans l'ontologie d'une façon qui n'exige pas la révision des définitions existantes.
- Engagement ontologique minimal (Gruber, 1993) : Ce principe invite à faire aussi peu de réclamations que possible au sujet du monde représenté.
- Distinction ontologique (Borgo, 1996) : Les classes dans une ontologie devraient être disjointes.
- Modularité minimale (Bernaras, 1996) : Ce principe vise à minimiser les couplages entre les modules.
- Subdivision des taxinomies (Arpirez, 1998) : Ce principe est adopté pour augmenter la puissance fournie par les mécanismes d'héritage multiple.
- Distance sémantique minimale (Arpirez, 1998) : Il s'agit de la distance minimale entre les concepts enfants de mêmes parents.
- Normalisation des termes (Arpirez, 1998) : Ce principe vise à normaliser les termes autant que possible.

2.2.2 Les différentes méthodes

Il s'agit ici de présenter quelques méthodes sans engagement d'exhaustivité, les méthodes de construction automatique (Jung, 2009. Blomqvist, 2009) ou semi-automatique ne sont pas présentées dans ce manuscrit.

2.2.2.1 *SENSUS*

Cette méthode (Swartout, 1997) propose de construire une ontologie d'un domaine à partir d'une ontologie de plus haut niveau. Elle propose de définir des relations entre les termes spécifiques du domaine et les termes généraux puis supprimer les termes qui ne sont pas pertinents pour l'utilisation de l'ontologie. La base de cette méthode est centrée sur la réutilisation de l'existant, plutôt utilisée dans le cadre de construction d'ontologie conceptuelle à but de formalisation de portée « universelle ». L'ontologie Sensus, développée selon cette méthode propose une définition de plus de 50 000 concepts organisés de manière hiérarchique, selon le niveau d'abstraction. Cette ontologie couvre des concepts de haut et moyen niveau en vue de proposer une base commune à tout projet de construction de connaissances.

2.2.2.2 *Uschold et King*

Cette méthode (Uschold 1995) est composée de quatre étapes :

- Identification des objectifs et du contexte de l'ontologie : Définir pourquoi on construit cette ontologie, dans quel but et les utilisateurs possibles de l'ontologie.
- Construction de l'ontologie, divisée en trois activités
 - Capture de l'ontologie⁸ : identification des concepts, relations et en déduire les définitions précises puis identification des termes spécifiant les concepts.

⁸ Uschold et Gruninger (Uschold et al., 1996) proposent trois approches : descendante, l'ontologie est construite en partant des concepts les plus généraux. Ascendante, l'ontologie est construite en partant des concepts spécifiques du domaine. Intermédiaire, l'ontologie est construite à partir des concepts de niveaux moyens.

- Codage de l'ontologie : Représentation explicite de la conceptualisation en classes, entités, relations et écriture dans un langage formel comme les langages OWL⁹ ou OIL¹⁰ par exemple.
- Intégration d'ontologies existantes, comment utiliser des ontologies existantes, cette étape peut se faire en parallèle de la capture ou du codage.
- Evaluation de l'ontologie, cette partie consiste à la mise à l'épreuve de l'ontologie en la mettant en scène vis à vis des objectifs pour lesquels cette ontologie existe.
- Documentation de l'ontologie, il est nécessaire de documenter le travail effectué, ceci, en premier lieu afin de mieux faire accepter l'outil mais aussi dans un souci de maintenance.

Cette méthode, une des premières proposée dans la communauté, pose les bases de toute construction d'ontologie. Celle-ci se veut donc généraliste dans la construction d'ontologies.

2.2.2.3 La méthode de Bachimont

Bachimont Bruno a conçu une méthode qui propose de contraindre l'utilisateur à un engagement sémantique au travers d'une normalisation des termes utilisés dans l'ontologie. Ces signifiés contextuels doivent alors être *normés*, ce qui revient à fixer une signification pour un contexte de référence, celui de la tâche (application) pour laquelle l'ontologie est élaborée (Bachimont, 2000).

Cette méthode établit donc un parallèle avec la linguistique, les données n'étant que des expressions linguistiques de connaissances.

Cette méthode se décline selon trois étapes :

- Normalisation sémantique : L'utilisateur choisit les termes et doit les normaliser en définissant les propriétés et en exprimant les différences par rapport au voisinage proche. Une notion se justifie par rapport au voisinage et à la différence avec la notion père et les notions frères.

⁹ OWL : Ontology Web Language (Lacot, 2005)

¹⁰ OIL : Ontology Inference Layer

- Formalisation des connaissances : Cette étape consiste à supprimer les ambiguïtés sur les notions dans l'ontologie. Il est parfois nécessaire d'ajouter des concepts, des propriétés ou des axiomes.
- Opérationnalisation des connaissances : Il est nécessaire d'utiliser un langage opérationnel de représentation des connaissances possédant les caractéristiques permettant de répondre aux besoins liés à l'utilisation de l'ontologie.

La spécificité de cette méthode est l'engagement sur la sémantique utilisée. En fonction du contexte, un concept peut être perçu différemment, dès lors, en fonction du contexte, le sème, ou terme candidat définissant le concept, utilisé sera différent.

2.2.2.4 METHONTOLOGY

Cette méthode (Fernandez, 1997) suit plusieurs étapes :

- Identification du processus de développement de l'ontologie,
- Cycle de vie basé sur l'évolution de prototypes,
- Techniques de gestion de projet, de développement et activités de support.

Methontology suit les techniques de gestion de projet. Dès lors, l'ontologie est une finalité de la méthode, de l'identification au suivi de la formalisation proposée.

Dans cette méthode, cinq phases de développement sont définies :

- Spécification : Quel est l'objectif de l'ontologie, quels sont ses utilisateurs finaux et son dimensionnement ?
- Conceptualisation : C'est la phase la plus importante dans la construction. Cette phase traite de l'organisation de la connaissance, allant de la définition des termes candidats à la définition des instances.
- Formalisation : Il s'agit ici de traduire les connaissances sous la forme d'une ontologie.
- Implémentation : Il s'agit ici de la traduction de l'ontologie en un langage informatique spécifique aux ontologies tels que les langages OWL ou RDF.
- Maintenance : Cette phase s'inscrit dans la notion de cycle de vie des ontologies, il

s'agit de la correction et la mise à jour de l'ontologie. (Phase de support, chapitre 2.1.4
Cycle de vie d'une ontologie)

2.2.2.5 METHODE DE STANFORD

Cette méthode, développée par l'université de Stanford (Noy, 2000), à qui on doit déjà l'outil Protégé se décompose en sept étapes :

- Déterminer le domaine et la portée de l'ontologie,
- Réutiliser des ontologies existantes,
- Enumérer les termes importants de l'ontologie,
- Définir les classes et la hiérarchie,
- Définir les propriétés des classes, leurs attributs,
- Définir les facettes des attributs,
- Créer des instances des classes dans la hiérarchie.

Ces différentes étapes sont réalisées en se posant des questions telles que pour la première étape :

- Quel est le domaine que couvrira l'ontologie ?
- Dans quel but ?
- A quel type de questions l'ontologie va devoir fournir des réponses ?
- Qui va utiliser et gérer la maintenance de l'ontologie ?

Cette méthode est la méthode retenue dans le cadre de ce travail de recherche. Sa démarche est apparue claire et rigoureuse. Le lien avec l'outil Protégé est aussi un atout important. Cette méthode se rapproche d'un guide d'utilisation, idéal pour cerner les différents attributs d'une ontologie.

2.2.3 Langages

Il est possible de considérer deux types de langages :

- les langages dits traditionnels

- les langages issus du web sémantique.

Il existe un certain nombre de langages dits traditionnels, en raison de leur impact et leur utilisation modérée dans le domaine, ce travail propose une brève description de quelques-uns d'entre eux :

- Ontolingua¹¹ : Utilisé avec l'outil Ontolingua Server, le langage représente la connaissance modélisée sous la forme de schémas et de logique du premier ordre. L'outil associé permet la création, la modification et l'utilisation d'ontologies de manière collaborative. Le langage est basé sur le langage Knowledge Interchange Format (KIF), langage majoritairement utilisé pour le partage de connaissances entre les systèmes.
- Loom¹² : Loom est un langage et un environnement destiné à la construction d'applications « intelligentes ». La base est un système de représentation des connaissances utilisé pour représenter des règles, des faits, et des définitions de ressources.
- Cycl : Utilisé principalement pour la construction de l'ontologie Cyc (Lenat, 2006). Le langage est basé sur la logique de premier ordre agrémenté de certaines fonctionnalités afin d'offrir une meilleure expressivité.
- Il est possible de citer KL-ONE (Brachman, 1985) qui devient une base pour un grand nombre de langages. Il s'agit d'un langage de frame, c'est à dire un méta langage.

Majoritairement utilisés de nos jours, les langages issus du web sémantique interviennent dans la proposition de l'évolution du web. Selon Tim Berners-Lee, le web, principalement syntaxique, puisque destiné à être lu par des humains, devient de plus en plus sémantique en vue de l'interconnexion des données (Berners et al., 1999).

Dans cette optique, Tim Berners-Lee propose une nouvelle infrastructure du web ajoutant quelques couches dans l'architecture du web actuel :

¹¹ Pour en savoir plus : <http://www.ksl.stanford.edu/software/ontolingua/>

¹² Pour en savoir plus : <http://www.isi.edu/isd/LOOM/>

- En premier lieu, l'ajout du protocole Universal Resource Uniform (URI¹³) qui renseigne un identifiant unique et universelle de toute ressource.
- Ensuite, est ajoutée la couche eXtensible Markup Language (XML¹⁴) en tant que format standard d'échange. Le XML est un méta-langage proposé par le W3C qui intervient afin de permettre de structurer les informations dans un format logique et standardisé. Le XML est utilisé en vue de décrire de la donnée et non afin de mettre en forme cette donnée.
- Une limite du langage XML est qu'il ne permet pas d'exprimer la sémantique d'une notion, ainsi, une troisième couche est ajoutée contenant les langages Ressource Description Framework (RDF) et RDF Schema (RDFS) qui permettent l'annotation des ressources du web. Le but de ces langages est de faire l'interface entre le langage humain et le langage informatique. Annoter les ressources permet de transmettre le sens des ressources décrites aux systèmes d'information.
- En dernier lieu, la couche du langage Ontology Web Language (OWL) est ajoutée. Cette couche, en plus du langage OWL, contient des langages de requêtes et de règles tels que SPARQL et le Semantic Web Rule Language. Ces langages venant étendre les possibilités d'échange entre les systèmes.

2.2.3.1 Ressource Description Framework (RDF)

2.2.3.1.1 Généralités

Ressource Description Framework est un modèle de graphe utilisé de manière à décrire les ressources Web et les métadonnées. Il est à la base du web sémantique. Le langage fonctionne sur la base de triplets composés d'un sujet, d'un prédicat et d'un objet. Ces triplets forment des assertions. Il est possible de représenter l'information sous la forme d'un graphe. Par exemple, « *Former* est lié au principe *Formation du personnel* » sous la forme d'un triplet RDF donnera (Figure 5) :

¹³ Dernière version du standard en date du 08/08/2013: <https://tools.ietf.org/html/rfc3986>

¹⁴ Description du format XML par le W3C : <http://www.w3.org/XML/>

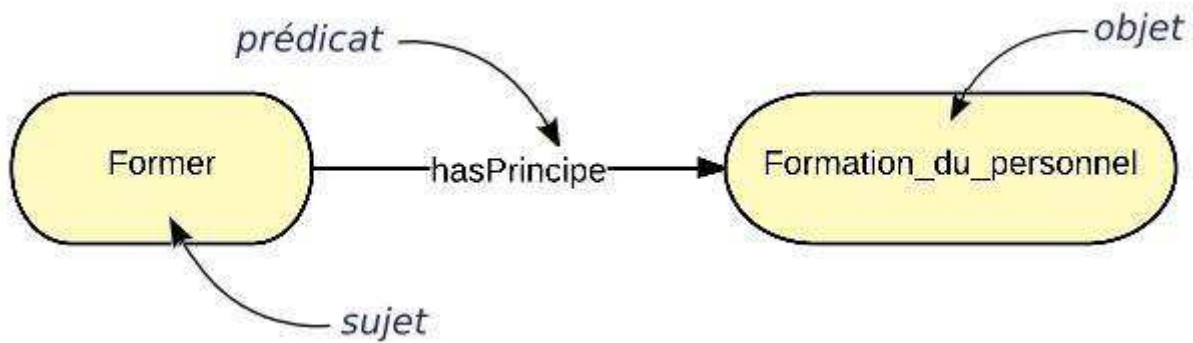


Figure 5 - exemple d'annotation RDF

Le sujet représente l'entité à laquelle fait référence la description. Ce sujet peut être une ressource, spécifiée par exemple par une Universal Resource Identifier (URI). Le prédicat décrit une propriété de cette ressource : une relation ou un attribut. Ici, la relation « *has_principe* » identifie des principes de management à une action. L'objet quant à lui représente la valeur de cette propriété.

2.2.3.1.2 Description du langage RDF

S'il est aisé de comprendre un graphe RDF pour un humain, les machines ont besoin d'un format manipulable. Ainsi, les graphes sont « sérialisés » dans cet objectif. L'information est encodée dans une suite de caractères, ici « *Former* est lié au principe *Formation du personnel* » peut être lue sous la forme :

```
<rdf:Description about= 'Former'>  
  <HasPrincipe>Formation_du_personnel</HasPrincipe>  
</rdf:Description>
```

L'exemple ici est volontairement simplifié, les possibilités et la généricité du langage permettent une description complète d'un grand nombre de types de ressources. Ainsi, le langage devient plus complexe à appréhender pour un humain à mesure que l'information se précise. Le but étant de proposer un format manipulable pour la machine permettant l'interconnexion entre les systèmes.

2.2.3.1.3 Description du langage RDFS

RDFS est décrit par le W3C en même temps que le RDF, celui-ci se propose d'être un méta-modèle explicitant les ressources utilisables dans un triplet RDF à l'aide d'une sémantique formelle. RDFS ajoute les primitives ontologiques obligatoires quant à la description des propriétés et des classes d'objets : `rdfs:Class`, `rdfs:Property` mais aussi bons nombres de clés spécifiant la hiérarchie des objets (`rdfs:subClassOf`), les contraintes (`rdfs:range`).

2.2.3.1.4 Limites

Même s'il a été vu que le RDF/RDFS permet de spécifier de manière générique les ressources du web, il apparaît que cette simplicité du langage devient problématique lors de la description de ressources complexes. Il manque certaines clés pour, par exemple, décrire des contraintes particulières telle que l'expression de deux classes disjointes.

Afin d'appréhender ces limites, le W3C propose un langage au dessus du RDF, le *Ontology Web Language* (OWL).

2.2.3.2 Ontology Web Language (OWL)

2.2.3.2.1 Généralités

Bien que d'autres langages aient apporté des solutions aux limites expliquées précédemment sur RDF/RDFS, le langage OWL est, depuis 2004, le standard défini par le W3C pour la construction d'ontologies. Il ne faut pas considérer OWL comme une simple extension de RDF, le langage permet de définir les connaissances en ajoutant toute la sémantique utile. Une classe peut être complètement définie au travers de ce langage, RDF ne permettant pas certaines descriptions. Ainsi, le langage est plus expressif et surtout plus fin que RDF. Une particularité de OWL est qu'il est sous divisé en 3 langages utilisés selon le degré d'expressivité désiré. OWL-Lite, OWL DL, OWL Full.

2.2.3.2.2 Les sous langages

Les trois langages sont utilisés selon l'objectif final de l'ontologie créée :

- **OWL Lite** : Il ajoute un certain nombre de descripteurs à RDF, il y ajoute la notion de class (owl:Class), des notions simples de contraintes telle que la cardinalité (owl:minCardinality – utilisation de booléen) et des notions d'équivalence (owl:sameAs). Ce langage offre le grand avantage d'être le plus simple. Ce langage est basé sur la logique de description *SHIQ*.
- **OWL DL (pour *Description Logic*)** : offre de nouveaux descripteurs, donc une meilleure expressivité que OWL Lite. Il propose les mêmes descripteurs que OWL Lite et garde les raisonnements proposés. Les notions de contraintes de cardinalité sont améliorées permettant l'utilisation de n'importe quel entier et non plus un booléen. De plus, la description des classes est améliorée proposant des clés telles que owl:unionOf ou owl:intersectionOf.
- **OWL Full** : C'est le sous langage OWL le plus complexe et le plus complet en terme d'expressivité. Contrairement aux deux précédents sous langages, celui-ci n'a aucune restriction sur la définition des classes.

2.2.3.2.3 Semantic Web Rule Language

SWRL permet la définition de règles explicitant des comportements à suivre en fonction des informations. Le but est de créer une nouvelle information d'une information existante, une observation. Dans le domaine des ontologies, une règle est une instruction conditionnelle simple du type « *SI condition ALORS conséquence* ». Ce langage de règles puissant fait l'objet d'intégrations dans de nombreux outils actuels tels que Protégé ou OWL API.

2.2.4 Ontologies existantes du domaine

Dans le cadre de ce travail, un certain intérêt a été porté sur l'existant, sur les ontologies créées et partagées avec la communauté de l'ingénierie des connaissances. Il existe un grand nombre d'ontologies, de niveaux de conceptualisation et de niveaux de formalisme divers.

Il est à noter l'existence d'ontologies proposant diverses couvertures du domaine (Debray, 2007), par exemple une ontologie permettant la description de scénarios d'incident ou d'accident (Mazouni, 2008) ou bien encore une ontologie proposant la description d'un processus selon la méthode Failure Mode and Effect Analysis (Ebrahimipour, 2010) (Xiuxu, 2012). A noter l'existence d'une ontologie du droit dédiée à la recherche de textes sur Internet (Lame, 2002). Toutefois, un grand nombre de ces ontologies sont des ontologies proposant un haut niveau de représentation, proche des ontologies d'applications ou de tâches. De même, un grand nombre de ces projets sont rédigés en anglais, ce qui, selon le niveau de conceptualisation peut devenir très problématique compte tenu des différences sémantiques existants entre le français et l'anglais.

Comme il a été vu précédemment, les ontologies de haut niveau ont un intérêt certain dans tout travail de construction, celles-ci permettant de construire une ontologie sur une base solide. Dans ce cadre, l'ontologie LKIF Core est présentée, elle propose de définir la base du domaine légal. Cette ontologie, développée par le « ESTRELLA consortium »¹⁵ depuis 2006, propose la définition de quelques 200 concepts des plus abstraits au plus concrets. Ce projet est proposé à la base de représentation des connaissances portant sur le domaine légal. Il est à noter que cette ontologie est rédigée en anglais et due à son niveau de conceptualisation, ce n'est pas problématique pour la réutilisation de celle-ci. Les concepts présentés étant la base du droit sans entrer dans les détails, une certaine cohérence est gardée avec le droit français.

L'ontologie LKIF core est définie au travers de 15 modules, chacun décrivant des ensembles de concepts proches :

- Cinq modules définissent les concepts les plus abstraits et plus généraux possibles : *top*, *place*, *mereology*, *time* et *spacetime*. Ce sont des outils de description de haut niveau permettant la hiérarchisation et la description des concepts d'un niveau de conceptualisation plus précis. Le module *place* définit la notion de lieu au travers du sous langage OWL DL.
- Quatre modules proposent la description des concepts basiques : *process*, *role*, *action*

¹⁵ Pour en savoir plus : <http://www.estrellaproject.org/>

et *expression*. Ces modules proposent un niveau plus pointu permettant la description du niveau inférieur et sont dérivés en trois modules : *legal-action*, *legal-role* et *nom*. Ces trois modules sont le cœur de l'ontologie légale. Ici, les modules décrivent les actions et rôles considérés de l'ordre du légal. Ces trois modules sont les plus importants puisqu'ils sont les fondations de tout travail de représentation des connaissances du domaine légal.

- Deux modules sont en charge de définir les règles et fonctionnalités intrinsèques aux modules *legal-action* et *time* : *modification* et *rules*.
- Le dernier module, LKIF-core a pour vocation de centraliser les quatorze modules précédents permettant de définir un point d'entrée commun à toutes les informations recensées dans l'ontologie. Ces quatorze modules sont représentés hiérarchiquement dans la Figure 6 ci-après.

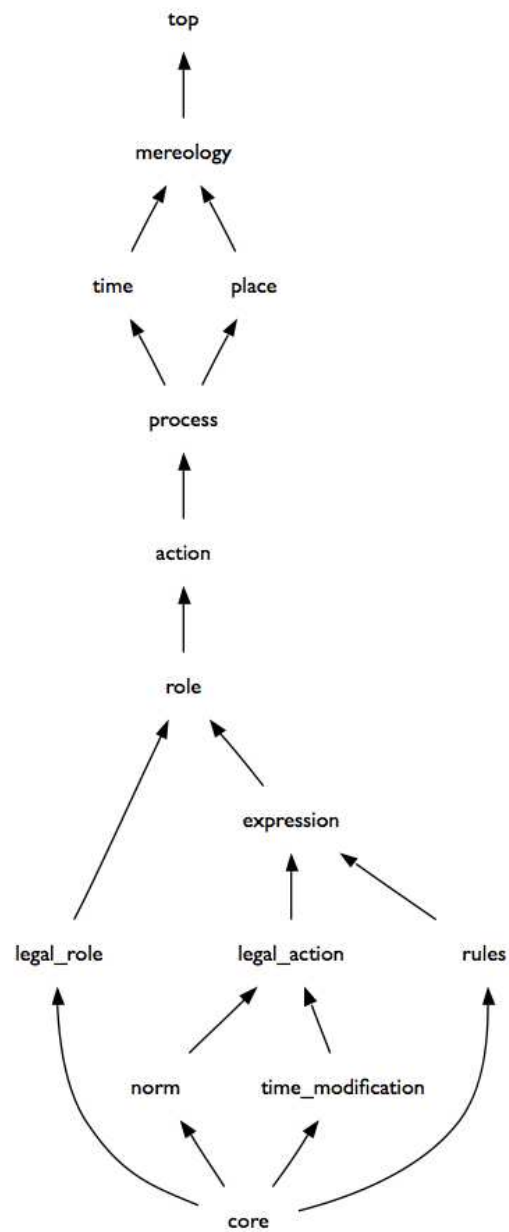


Figure 6 - Hiérarchie de l'ontologie LKIF-core

2.3 Conception et exploitation d'ontologies

Comme il a été vu précédemment, une ontologie est une modélisation qui s'inscrit dans un but précis, en rapport direct avec l'utilisation qui en sera faite. Dès lors, les méthodes, les outils de constructions ainsi que les méthodes d'exploitation diffèrent selon l'exploitation qui sera faite de l'ontologie créée. Dans ce paragraphe, il est présenté une brève description des principaux outils existants et les outils d'exploitation d'ontologie dans un système d'information.

2.3.1 Editeurs d'ontologie

On peut différencier deux types de familles d'outils de construction, à savoir :

- Les outils de constructions dépendants de formalisme de représentation :
 - Ontolingua,
 - OntoSaurus,
 - WebOnto,
 - OilEd.
- Les outils de construction d'ontologie indépendants de formalisme de représentation :
 - ODE et WebOde,
 - OntoEdit,
 - Protégé.

Les différents outils sont utilisés à des fins diverses et variées, de la construction à grande échelle, au travers d'une plateforme collaborative, à la construction d'une ontologie computationnelle pour une application autonome.

Nous nous attarderons davantage sur l'outil Protégé, celui-ci étant le plus utilisé et aussi retenu pour la construction de l'ontologie du domaine Santé et sécurité au travail étudié dans cette thèse.

2.3.1.1 Protégé

Protégé est une plateforme open-source qui propose au travers d'une communauté grandissante une suite d'outils de construction de modèles de domaine. Au delà de cette communauté, l'outil Protégé permet la création d'ontologies et la possibilité de modifier l'outil à convenance afin d'ajouter diverses fonctionnalités spécifiques. Plusieurs travaux portent sur l'intégration au sein de l'outil divers plugins permettant des traitements spécifiques. On notera par exemple les travaux de l'équipe de A. Tissaoui sur une méthodologie d'évolution d'une ressources termino-ontologique : EvOnto (Tissaoui, 2010) proposant une méthode formalisée au travers d'un plugin pour Protégé. L'ontologie étant considéré comme stable mais cependant voué à modification selon l'évolution des ressources termino-ontologique. Ce plugin propose une assistance à la modification des ressources.

L'outil Protégé est divisé en plusieurs fenêtres. Tout d'abord, le menu de navigation (Figure 7 - Menu de navigation) permet d'afficher les informations relatives à ce qu'on souhaite visualiser. On notera que dans cet exemple, on trouve l'onglet OWL Viz, plugin qui permet de visualiser l'ontologie sous la forme d'un arbre. Une fenêtre de navigation (Figure 8 - Fenêtre de navigation), le descriptif (Figure 9 - Fenêtre de description) de chaque partie et selon l'onglet sélectionné, différentes informations spécifiques (Figure 10 - Fenêtre de description spécifique). Ajoutés à celles-ci, on peut notifier toutes les fenêtres de plugins.

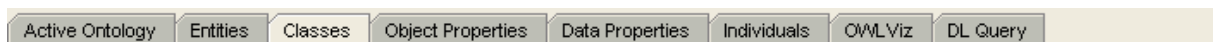


Figure 7 - Menu de navigation

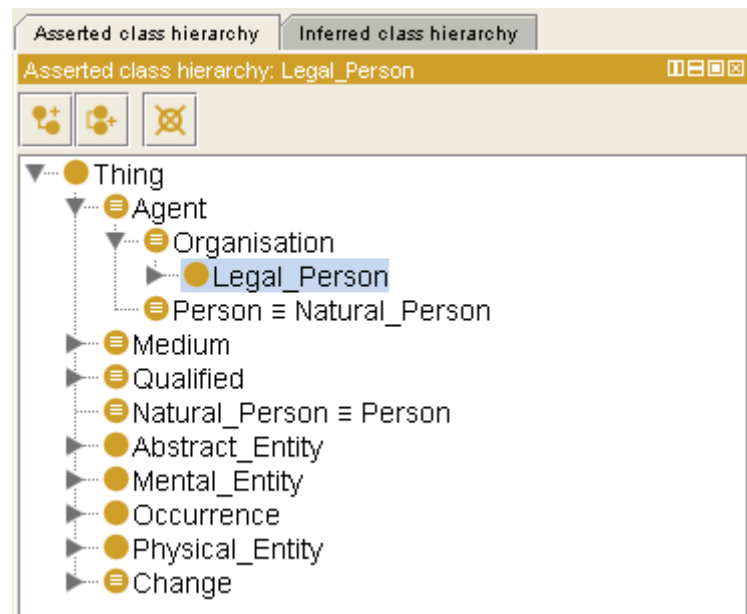


Figure 8 - Fenêtre de navigation

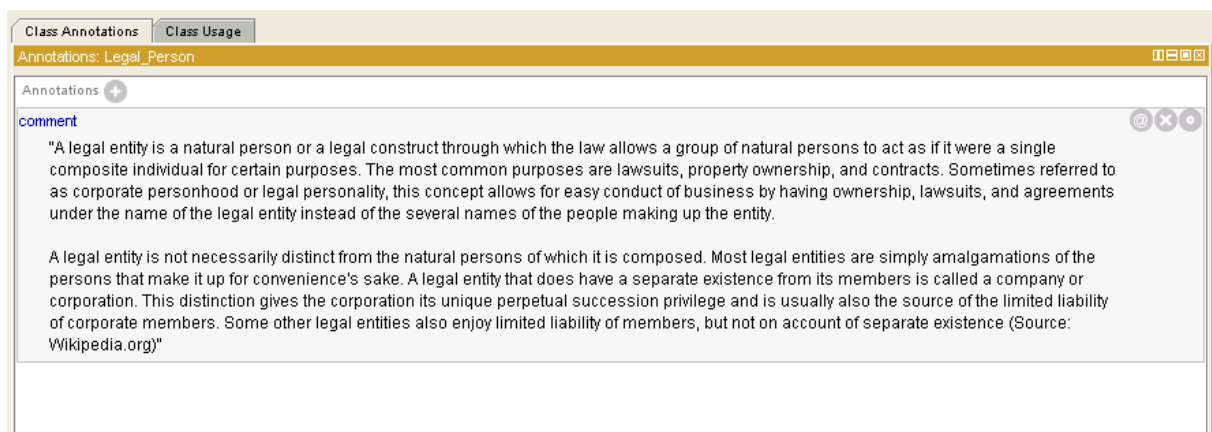


Figure 9 - Fenêtre de description

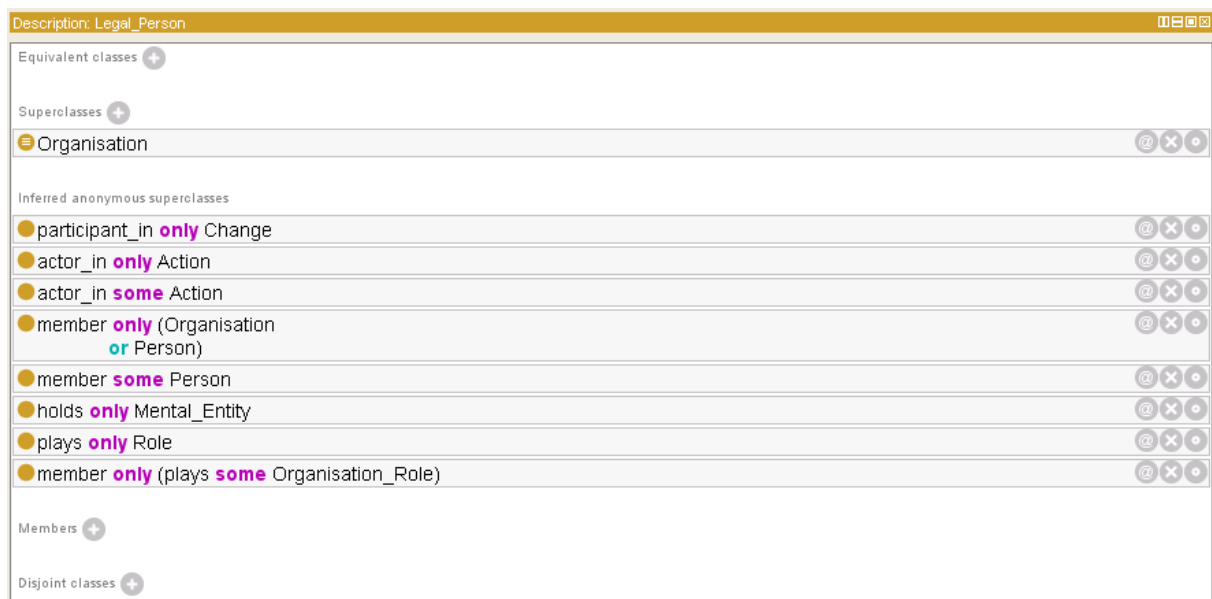


Figure 10 - Fenêtre de description spécifique

2.3.2 Exploitation d'ontologies dans un système d'information

Pour exploiter une ontologie dans un système d'information, il est généralement recommandé d'utiliser une interface de programmation (API) pour la manipulation d'ontologies. Une API est une bibliothèque de fonctions et méthodes facilitant le développement informatique. Le but d'une API est de centraliser les fonctions couramment utilisées dans un domaine donné. Il est à noter que les ontologies sont de plus en plus utilisées en vue de la formalisation des connaissances dans un système à base de règles métiers (Graham, 2005. Guissé, 2009. Chniti, 2010).

Dans le cas des ontologies, les API permettent de parcourir les connaissances, de les modifier, les créer ou bien d'effectuer des raisonnements. Les API, au contraire des outils de constructions d'ontologies ne sont pas dotées d'interface homme-machine, elles ne sont utilisées qu'au travers de codes informatiques. Ce travail propose la description de deux grandes API principalement utilisées, OWL API et JENA.

2.3.2.1 OWL API

OWL API¹⁶ est une API Open Source écrite en Java développée depuis 2003. Cette API est utilisée dans la version 4 de l'outil Protégé. Cette API propose un certain nombre de fonctionnalités permettant la manipulation d'ontologies.

L'outil propose la modélisation des données, ce qui permet de les utiliser dans le code informatique plus facilement qu'au travers de leur existence en tant que données RDF ou OWL. L'écriture et la lecture du langage OWL sont gérés au travers la modélisation proposée dans l'API, c'est-à-dire le processus de traitement (lecture et représentation dans l'API) et le processus de sérialisation (opération inverse au traitement, écriture du modèle en langage OWL). Sont pris en exemples les langages RDF et OWL mais l'outil permet aussi la lecture de différents formats tels que RDF/XML ou Turtle.

L'API permet aussi de raisonner sur les ontologies, au travers de couplages avec les outils de moteurs d'inférence comme Fact++ ou Pellet. Néanmoins, les possibilités de requête restent limitées bien que des travaux soient en cours pour l'intégration du langage de requête SPARQL. Bien que le mode de stockage soit la création d'un fichier de l'ontologie, un des avantages de cette API est qu'il est possible d'y ajouter des extensions permettant par exemple de stocker les données dans une base de données relationnelle.

2.3.2.2 JENA

Jena¹⁷ est un framework Open Source écrit en Java développé depuis 2000 dans le cadre du projet HP Labs Semantic Web Program. Il propose tous les outils nécessaires à la manipulation d'ontologies. Le framework contient une API pour lire, traiter et écrire dans données RDF, des données RDFS et OWL. Il propose un moteur de requêtes SPARQL ainsi qu'un moteur d'inférence pour raisonner sur des données RDF et OWL.

¹⁶ Pour en savoir plus : <http://owlapi.sourceforge.net/>

¹⁷ Pour en savoir plus : <http://jena.apache.org/>

Il est à noter que celui-ci peut être couplé avec un moteur plus complet tel que Pellet ou Racer. Tout comme OWL API, il est possible d'ajouter des extensions afin de stocker les données dans une base de données relationnelle (Jena SDB).

Selon le but de l'ontologie, il n'est pas nécessaire d'utiliser toutes les fonctionnalités des différentes APIs, le langage SPARQL (SPARQL Protocol And RDF Query Language) est un langage de requête qui permet de rechercher, créer, modifier et lire les données RDF disponibles à travers le web.

Conclusion du chapitre

Ce chapitre a permis de décrire le concept d'ontologie. Une ontologie est ainsi une conceptualisation d'un domaine dans laquelle on retrouve le vocabulaire inhérent à celui-ci. Les concepts sont structurés et associés à des relations et des fonctions qui précisent le domaine. Une ontologie est réalisée dans un but, pour une utilisation donnée. Les ontologies ont été conçues afin de répondre à un besoin de clarification dans la gestion des connaissances, ainsi qu'aider à l'intégration de connaissances dans des systèmes informatiques. Ces ambitions relèvent parfaitement de l'objectif fixé à ce travail de recherche.

Chapitre 3. Proposition d'une chaîne de formalisation des connaissances pour la maîtrise des conformités

Le domaine de la Santé et de la Sécurité au Travail (SST) est tout à la fois riche et complexe. Riche par le nombre de données et de connaissances à mobiliser, complexe par l'enchevêtrement de ces mêmes données et connaissances. Le besoin de création d'une ontologie est avéré. Ce besoin vise à satisfaire l'amélioration et l'optimisation du processus de conception et de mise à jour de questionnaires d'audit de la maîtrise des conformités réglementaires. En partenariat avec un expert du domaine (Audiffren, 2012a), une ontologie a donc été conçue.

Ce chapitre présente la démarche de modélisation utilisée pour la création de l'ontologie. La méthode sélectionnée pour la définition des connaissances et pour la construction de l'ontologie. L'ontologie réalisée est ensuite décrite au travers de différents schémas. Enfin, la proposition d'un prototype d'outil permettant, à l'aide de l'ontologie, de repérer semi automatiquement des exigences légales est détaillée.

3.1 Démarche de modélisation

Le recours à une ontologie permet de classer les connaissances, de les définir, de les partager, de les exploiter et ce au travers d'un système expert (ou système à base de connaissances). S'il est commun de créer des bases connaissances de manière empirique, en s'appuyant sur l'expertise humaine (équipes de juristes et d'ingénieurs HSE experts du domaine), l'effort de formalisation se révèle coûteux et complexe.

La construction d'ontologies permet de dépasser les limites d'une expertise humaine qui peut se révéler inégale (le degré de maturité de l'expert), incomplète (l'impossibilité de traiter la masse de données, particulièrement volumineuse dans le domaine juridique) et parfois erronée (la complexité de certains énoncés qui font souvent appel à une expertise technique). L'ontologie offre aussi l'avantage de permettre une meilleure recherche au sein de la base de

données existante. Il est courant d'adjoindre à l'ontologie un outil de recherche. Celui-ci facilite un accès aisé à certaines données ainsi qu'une explication complète des concepts utilisés. (Exemple : *Qu'est ce qu'un arrêté préfectoral, une recommandation, une directive? Qui émet ces documents? De quel nature de document s'agit-il ?*) L'exploitation de l'ontologie favorise ainsi une meilleure compréhension et un partage efficace des connaissances.

Pour réaliser cette ontologie, plusieurs étapes sont nécessaires, la figure 11 les présente. Les interviews et entretiens avec les experts du domaine sont indispensables.

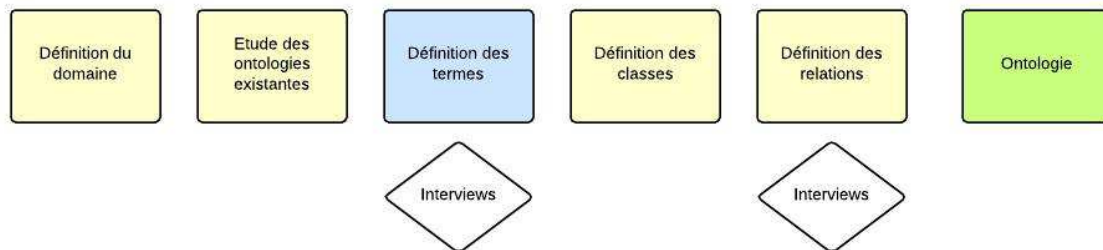


Figure 11 - Etapes de construction de l'ontologie

Elles jouent un rôle très important en particulier dans la définition des termes du domaine, compte tenu de la non-expertise de l'ontologue lui-même. Toutefois, des méthodes existent afin de faciliter cette définition. Pour n'en citer qu'une, la méthode Terminae¹⁸, utilisée dans le cadre de ce travail de recherche est présentée dans le chapitre 3.1.1.2.

La définition des termes du domaine permet de définir les classes puis les relations, ces actions conduisant à réaliser une première partie de l'ontologie. Il est possible de considérer l'ontologie créée à ce niveau comme une ontologie de définition d'un domaine, aucune instance n'est créée, aucune fonction n'est utilisée, l'ontologie n'est pas de type computationnelle et ne permet qu'une maigre définition des concepts du domaine. Les interviews permettent dans cette étape de sélectionner les textes (légaux) importants du domaine et de repérer les concepts fondamentaux.

¹⁸ Terminae : Pour en savoir plus, http://lipn.univ-paris13.fr/terminae/index.php/Main_Page

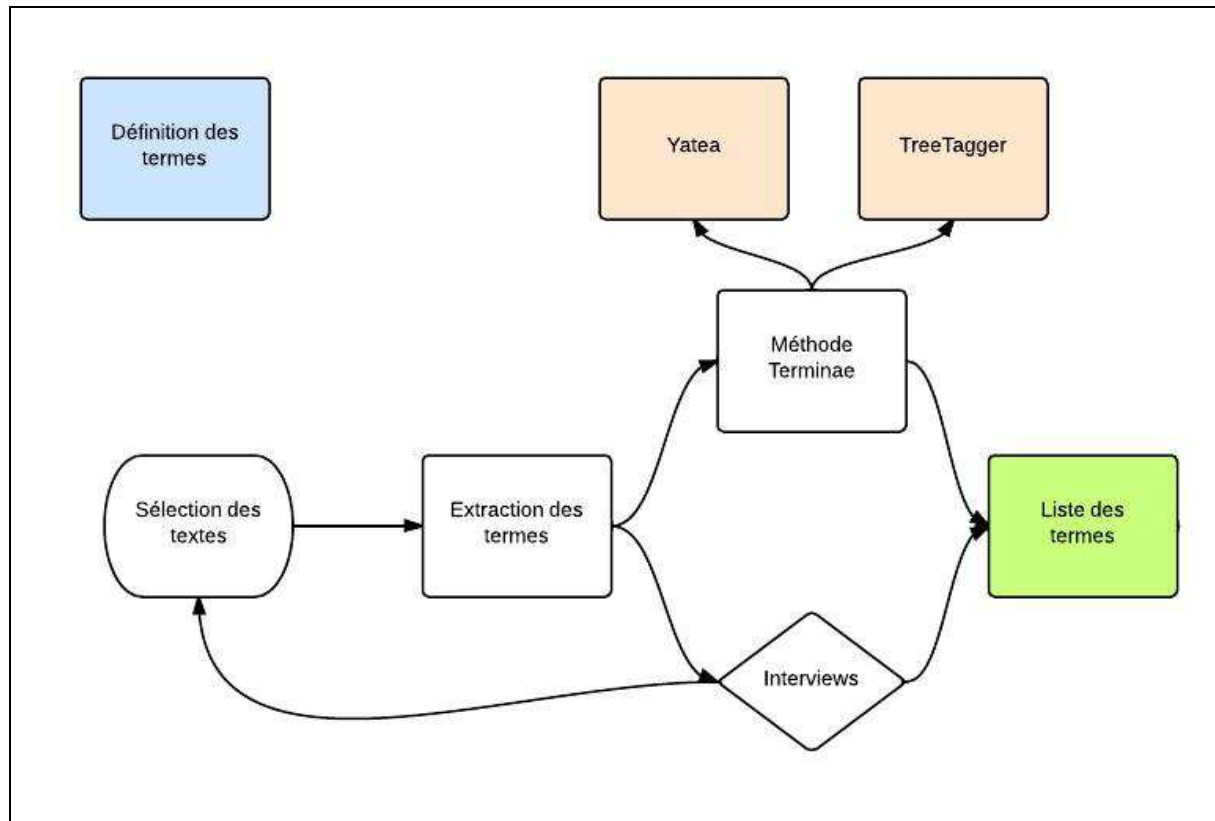


Figure 12 - Processus de Définition des termes

Enfin, il est nécessaire de compléter l'ontologie en vue d'une exploitation dans un système à bases de connaissances, l'ajout de fonctions et la création des instances permettant alors de définir les connaissances du domaine.

3.1.1 Méthode

Afin de réaliser l'ontologie SST, une première phase d'étude du domaine a été menée. Bien que l'ontologue ne soit pas un expert du domaine, il a été nécessaire de s'imprégner des grands principes et termes définissant les concepts de la maîtrise de la conformité réglementaire au sein du domaine SST.

La construction de cette ontologie propose de répondre à deux objectifs :

- proposer une formalisation des connaissances du domaine de la maîtrise de la conformité réglementaire.
- offrir une assistance à la création de questionnaire d'audit en exploitant les connaissances formalisées au sein de l'ontologie.

Plusieurs actions sont donc à mener et en particulier réaliser des interviews avec des experts du domaine afin de définir les termes principaux et les textes à analyser pour la construction. Ce travail a été conduit avec l'aide de la méthode Terminae.

3.1.1.1 Les interviews des experts

Afin d'aider à l'imprégnation nécessaire à l'ontologue, de très nombreuses interviews avec des experts du domaine ont été réalisées. Ces interviews ont pour principal objectif d'aider à la création de l'ontologie. En effet, les différents termes définissant le domaine et énoncés par les experts sont pour la plupart des termes candidats à l'élaboration de l'ontologie. Ces termes candidats peuvent définir des concepts qui seront intégrés dans l'ontologie. Dès lors, cette phase permet d'assister les étapes 1, 3 et 4 de la méthode de Stanford (cf section 2.2.2.5).

Afin d'illustrer le travail conduit, deux textes sont pris pour exemple :

- l'arrêté type associé à la rubrique n°2910 – Combustion traite des différentes substances et modifications de celles-ci (fusion, combustion, cuisson, traitement, mélange) et porte principalement sur des connaissances techniques,
- l'accord du 26 mars 2010 sur le harcèlement et la violence au travail permet, quant à lui, d'illustrer des dimensions humaines et organisationnelles.

A partir de ces deux textes, en les lisant et en échangeant avec les experts du domaine, il est possible de proposer une première sélection des termes candidats du domaine. Les termes sont ensuite classés et là encore les interviews jouent un rôle très important. Les entretiens menés permettent en effet d'éviter tout malentendu ou erreur d'interprétation par l'ontologue.

3.1.1.2 Extraction des termes candidats

Les interviews sont efficacement complétées par l'usage de l'outil développé par l'université de Stanford. Ce dernier propose automatiquement et systématiquement des termes candidats qu'il convient de valider ou pas.

Afin de proposer une première aide à la définition des termes candidats, l'outil YaTea¹⁹ (*Yet another Term extrActor*) a été employé, celui-ci vise à extraire les termes principaux d'un domaine, cela, en analysant les différents textes du domaine. Il permet ainsi l'extraction de termes candidats à l'intégration dans un modèle ontologique. L'outil Yatea identifie et extrait d'un corpus documentaire donné des groupes nominaux pouvant être des termes candidats. En premier lieu, il est nécessaire d'utiliser l'outil TreeTagger²⁰ qui permet de construire un corpus tabulaire exploité dans l'outil YaTea. Une fois le traitement effectué, un fichier au format XML est généré et peut être utilisé dans l'outil Terminae qui permet alors de valider ou de refuser les propositions faites. Cette méthode permet de limiter les oublis de termes candidats d'un domaine, l'outil proposant les termes repérés comme important selon différents critères tels que le nombre d'occurrences ou la position dans les phrases et dans le texte. D'autres méthodes existent (Mondary, 2011) et peuvent être employées à la place ou en complément.

Au terme du processus, une liste des termes candidats du domaine est donc définie. L'outil permet aussi de définir des fiches terminologiques pour chaque terme. Ces fiches peuvent être utilisées ensuite afin de valider les propositions de termes émises ainsi que pour définir en détail les concepts de l'ontologie. La liste des termes candidats ainsi que les interviews avec les experts permettent alors de réaliser les étapes 3 à 6 de la méthode.

¹⁹ YaTea : Pour en savoir plus, <http://www-limbio.smbh.univ-paris13.fr/membres/hamon/YaTeA/>

²⁰ TreeTagger : Pour en savoir plus, <http://www.cis.uni-muenchen.de/~schmid/tools/TreeTagger/>

3.1.1.3 Construction de l'ontologie

Comme précisé dans la section 2.2.2 du chapitre 2 de ce manuscrit, la méthode sélectionnée pour réaliser cette ontologie est la méthode de Stanford. Cette méthode qui se veut avant tout comme un assistant méthodologique a le grand mérite d'offrir un dispositif global et efficace de conception. Naturellement toute autre méthode peut être convoquée à la place ou en complément. Les étapes de la méthode sont reprises et décrites ci-après.

Etape 1 : Déterminer le domaine et la portée de l'ontologie.

Le domaine couvert par l'ontologie est celui de la santé, de la sécurité et de l'environnement, spécifiquement pour le sous domaine de la maîtrise de la conformité réglementaire. Le but de cette ontologie est de modéliser les connaissances afin de les exploiter à l'aide d'un système intelligent d'aide à la création de questionnaires d'audit de maîtrise de la conformité réglementaire, ainsi que de proposer une formalisation des connaissances du domaine. Ce sous-système du domaine considère les « agents » (les acteurs en charge de la prévention ainsi que ceux exposés à des risques) dans l'entreprise. Ces agents étant soumis à la réglementation. Ceux-ci sont porteurs de la connaissance en termes de définition d'une exigence réglementaire. Il faut donc considérer les agents délégataires de pouvoir, les agents de direction mais aussi les agents de personnel qui ont aussi des droits et devoirs vis-à-vis de la réglementation.

Etape 2 : Réutiliser des ontologies existantes

Les recherches d'ontologies de haut niveau sur des domaines proches ont permis de sélectionner, comme résultat satisfaisant, l'ontologie LKIF présentée précédemment. Le point d'ancrage, ou concept d'alignement, de l'ontologie sur LKIF se situe sur le concept "Agent". Celui-ci définit, sans entrer dans les détails, les agents de droit du domaine. Bien que l'ontologie LKIF soit rédigée en langue anglaise, il est tout de même pertinent de sélectionner ce concept d'alignement puisque le concept d'agents n'énumère pas les agents mais uniquement le concept général. C'est ici un des avantages des ontologies dites "Top-level".

Etape 3 : Enumérer les termes importants de l'ontologie

Les textes réglementaires sont organisés au sein d'un corpus. Le recours à la méthode Terminae et le travail avec les experts du domaine permettent de définir les sèmes, les

éléments sémantique définissant un concept du domaine et particulièrement l'implication de chacun dans la gestion des connaissances.

Etape 4 : Définir les classes et la hiérarchie des classes

Il s'agit ici de formaliser les concepts sous la forme de classes. Pour cette ontologie, le parti pris est de définir les différents agents selon leur degré de pouvoir dans l'entreprise. Ainsi, ont été définis : des agents de direction et des agents de personnel. Les agents de direction étant soumis aux fonctions de devoirs et de veille, les agents de personnel pouvant être perçus comme des ayants droits dans l'entreprise. Par exemple, le terme “employeur” est considéré comme agent de direction, “salarié” est un agent de personnel. Associées à ces agents, les différentes actions sont définies. Un certain nombre d'actions de droits sont énumérées dans l'ontologie LKIF telles que “veiller” ou “former”. Toutefois, cette liste des concepts d'actions de droit a été modifiée au sein de l'ontologie afin de proposer une cohérence avec le droit français.

Etape 5 et 6 : Définir les propriétés des classes, des relations et leurs facettes

Dans cette ontologie, il a été défini des propriétés particulières aux objets, celles-ci permettant une liaison entre les différentes instances utilisées au sein de l'ontologie. Une des propriétés parmi les plus importantes est l'étiquette du concept. Celle-ci définit le terme sémantique permettant de décrire un concept. Il est possible de proposer plusieurs étiquettes, permettant ainsi de prendre en compte les différentes variations du même terme, par exemple, le singulier ou le pluriel d'un verbe. Il apparaît dans les textes légaux que le sujet des verbes d'action est toujours la troisième personne, du singulier et du pluriel. Ces deux versions sont donc renseignées dans les étiquettes.

Etape 7 : Créer les instances des classes dans la hiérarchie

Les instances créées concernent les différentes entités associées aux actions de droit, aux agents mais aussi aux principes de management de la sécurité. Lier les actions avec les principes de management apparaît utile puisque cette information permet, par exemple, de proposer la classification des exigences réglementaires proposées en fin du processus d'assistance.

3.2 Modèle ontologique

Dans ce travail de recherche, un des objectifs est de présenter une formalisation des connaissances du domaine. Cette formalisation se fait au travers d'une ontologie, l'étendue du domaine et la masse de connaissances exploitables, que l'on parle de textes réglementaires, de retours d'expérience ou encore de normes et d'analyse des risques rendent la formalisation complète du domaine très difficile. Comme il l'a été vu précédemment, une ontologie est un modèle et comme tout modèle, celui-ci se doit être fait dans un but précis. Ainsi, l'ontologie conçue est centrée sur le domaine de la conformité réglementaire. Une ontologie computationnelle a donc été élaborée et est décrite ci-après.

3.2.1 Présentation de l'ontologie réalisée

La figure suivante (Figure 13 - Structure de l'ontologie) présente la structure générale de l'ontologie créée. Un extrait de celle-ci est détaillé et la manière dont celle-ci est exploitée au sein du système d'information est décrite.

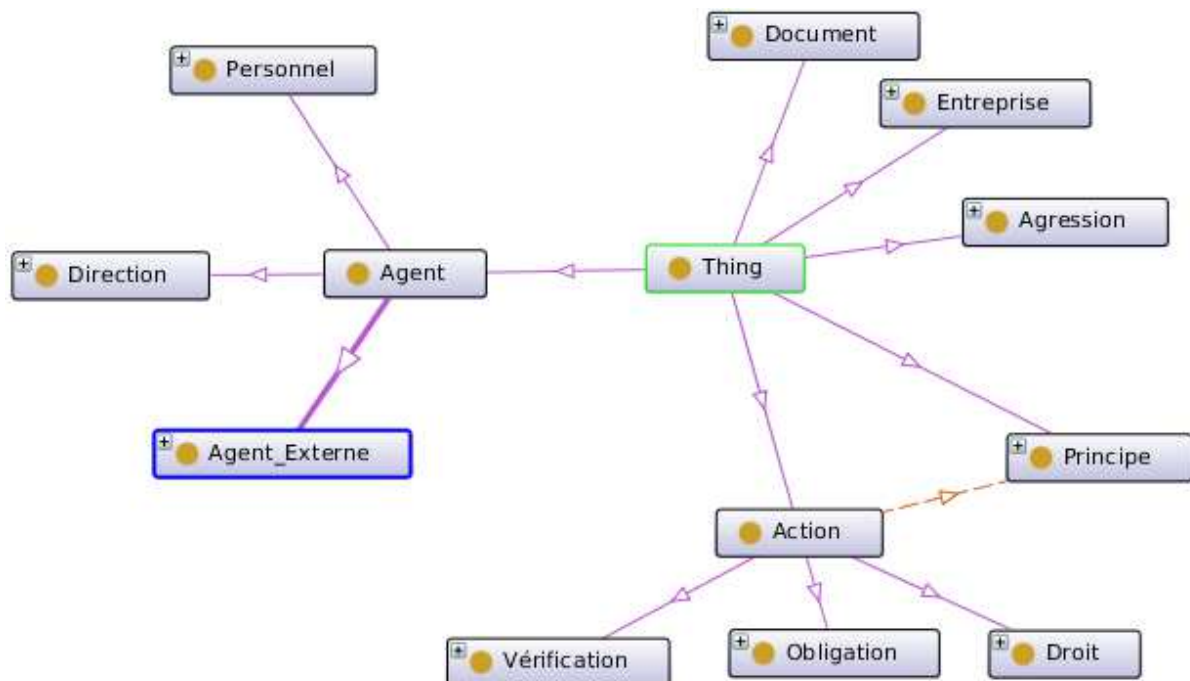


Figure 13 - Structure de l'ontologie

Cette ontologie propose un niveau de détail de 9 fils à la classe *Thing*, classe mère de toute ontologie. Ceci permet, grâce aux instances, de définir une ontologie spécifique sur 10 niveaux. L'ontologie est définie de 3 à 9 sous niveaux (Figure 14) qui représentent les branches primaires de l'ontologie. Il est à noter que l'ontologie LKIF n'est pas représentée sur cette figure. En rose les relations "*is-a*", en orange, la relation "*hasPrincipe*" liant une action à un principe de management de management de la sécurité.



Figure 14 – Extrait des classes de l'ontologie "Action" et "Agent"

Un certain nombre de concepts généraux ont été spécifiés, ceux-ci peuvent être directement associés avec l'ontologie supérieure LKIF afin de classifier l'ontologie du domaine SST. Ceci permettant de concentrer l'ontologie sur une partie du domaine tout en gardant les concepts généraux du droit. Le principal intérêt n'est pas à usage opérationnel. En effet, lier une

ontologie spécifique à une ontologie de haut niveau n'a pas d'apport sur l'opérationnalisation de celle-ci. Cependant, une ontologie est destinée au partage des connaissances, dès lors, bien que l'ontologie réalisée se concentre sur un plus petit spectre des connaissances du domaine, la lier à une ontologie de ce niveau permet de définir une base solide. De plus, à plus long terme, il est possible de prévoir le développement d'autres branches de l'ontologie des connaissances du domaine. On notera particulièrement le concept "Agent" qui est l'élément d'attache sur l'ontologie LKIF. Il est à signaler cependant que d'autres points d'attache existent : Document et Action peuvent aussi faire office d'alignement avec LKIF.

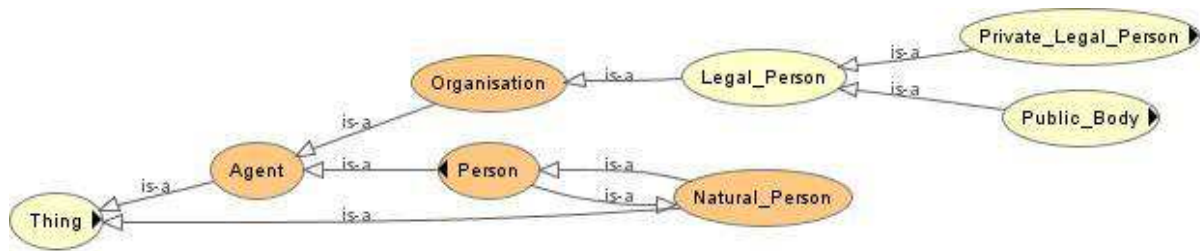


Figure 15 - Extrait de l'ontologie LKIF (Agent)

L'ontologie réalisée propose l'intégration des principaux concepts d'action de droit spécifiques à la maîtrise de la conformité réglementaire. Les instances associées sont décrites de manière précise en exploitant les connaissances renseignées au sein des différentes interviews avec les experts du domaine. De même, les étiquettes proposent les versions conjuguées des verbes d'action. Cet étiquetage permet de retrouver un concept d'action et ce, même lorsque le verbe est conjugué. Il apparaît évident que syntaxiquement, le terme diffère selon qu'il soit conjugué à la troisième personne du singulier ou la troisième personne du pluriel. Dans le cas suivant par exemple, la bonne utilisation de l'étiquette permet de retrouver l'action concept "fournir" bien que celui-ci soit conjugué à la troisième personne du pluriel.

"Les employeurs fournissent tous les éléments relatifs à la description du mode opératoire."

De la même manière, cet étiquetage permet de ne sélectionner que les termes volontairement associés aux concepts.

L'ontologie est créée selon la classification des agents définie par Legifrance (l'opérateur national en charge de publier les textes légaux), le personnel quant à lui peut être subdivisé

selon différents critères tels que le type de contrat (personnel sous CDI, stagiaires, etc.) mais aussi selon les différentes provenances du personnel (entreprises extérieures, intérimaires) et enfin, la particularité du personnel (femmes enceintes, personne à mobilité réduite).

3.2.2 Présentation d'un individu

Cette sous-section présente les travaux réalisés au sein de l'ontologie sur la définition d'un individu, c'est-à-dire, un élément unique de l'ontologie intrinsèque à un concept. Dans cet exemple, l'individu *Former* est présenté.

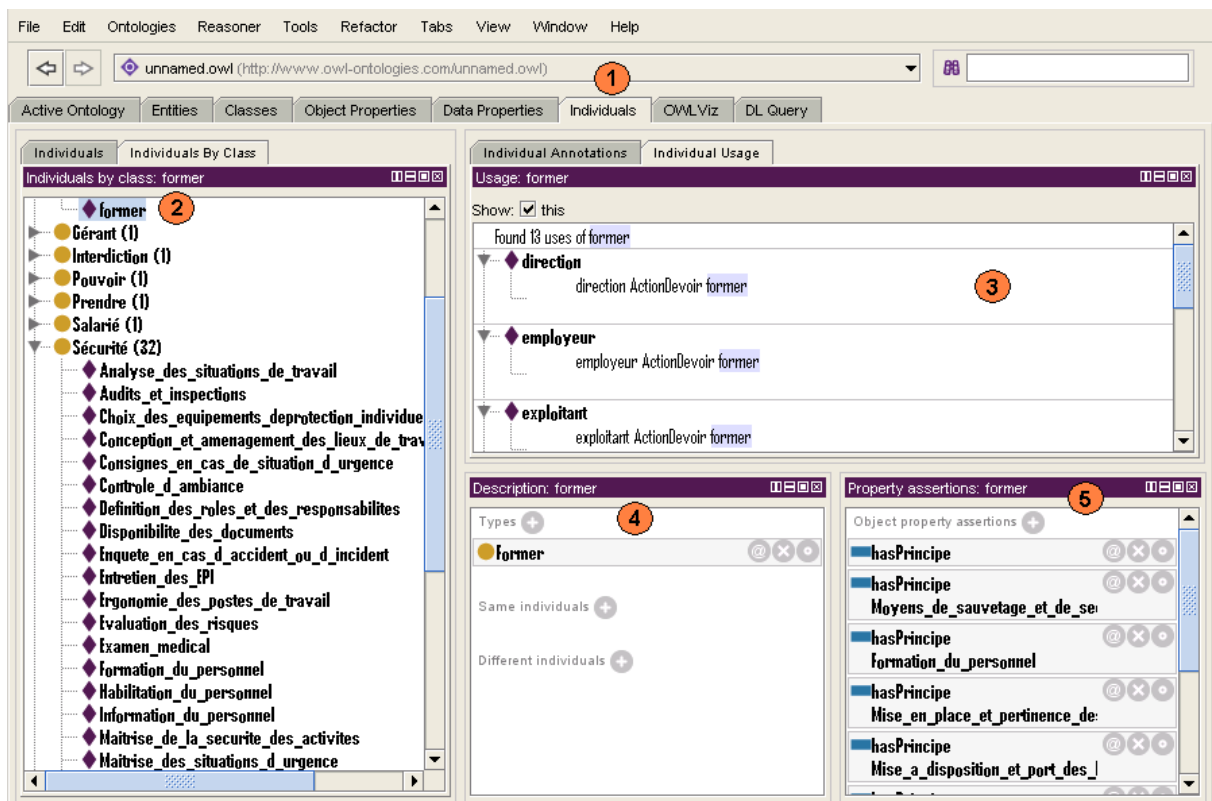


Figure 16 - individu Former

La Figure 16 illustre la définition d'un individu dans l'outil Protégé. Dans l'onglet *Individuals* de l'outil (1), tous les individus sont listés et *Former* est sélectionné (2). Dès lors, toutes les informations inhérentes à ce membre de l'ontologie peuvent être définies dans les différentes fenêtres de l'outil. Les différents usages de cet individu sont définis. On peut voir dans cet exemple que l'individu *direction* est associé à *former* au travers de la fonction *ActionDevoir* (3). La description du membre (4) telle que son type ou les relations d'équivalence et de

différences avec d'autres individus sont définis. Dans le cas présent, l'individu *former* est associé au type, ou concept, *former*. Enfin, il est possible de modifier les propriétés de cet individu vis-à-vis de l'ensemble des individus de l'ontologie. Ici, le membre *former* est associé à un certain nombre de principes de management au travers de la relation *hasPrincipe*. Ainsi, *former* est lié au principe de management *formation_du_personnel* (5).

Dans cette ontologie, tous les individus sont définis de la sorte, autant que possible, les actions définies au travers des individus sont liées à des principes de management et sont associées à des acteurs du domaine définis en tant qu'*Agent* dans l'ontologie.

3.3 Intégration des connaissances

L'ontologie conçue apporte déjà des bénéfices. Pourtant les besoins opérationnels dépassent la classification et la catégorisation des connaissances. Les experts en charge de la conception de questionnaires d'audit gagneraient en productivité si une partie de leurs activités était automatisée, en partie pour ce qui concerne le repérage d'exigences légales qui sont à la base de la création de questionnaires. Un prototype de logiciel, couplé à l'ontologie créée, a donc été conçu et développé afin d'identifier au sein d'un corpus de textes légaux des exigences légales « candidates ».

Les sous-sections suivantes présentent le principe général de l'application réalisée puis le fonctionnement technique, enfin, les rapprochements entre l'application et la création des connaissances spécifiques à la maîtrise des conformités réglementaires sont présentés. La première sous-section, définissant le principe général de l'application, est agrémentée de différents schémas explicitant les différents processus en charge de réaliser les actions de l'application.

La seconde sous-section définit l'environnement technologique de l'application mais aussi les fonctions détaillées de ce prototype. Il est convenu que la description reste sommaire au niveau du codage de l'application, ce travail n'ayant d'intérêt que sur l'opérationnalisation et non les moyens mis en œuvre pour y parvenir.

Enfin, la troisième sous-section propose une méthodologie de création des connaissances en s'appuyant sur l'existant et les travaux réalisés au sein de l'ontologie et du couplage avec le prototype de reconnaissance des exigences réglementaires.

3.3.1 Principe

L'exploitation de l'ontologie réalisée se fait au travers d'un outil de repérage des exigences réglementaires. Il est ainsi considéré qu'une exigence réglementaire est présente dès lors qu'il est fait état qu'un agent délégataire de pouvoir doit réaliser une action sur les agents de personnel.

Les employeurs, en concertation avec les salariés et/ou leurs représentants, établissent, revoient et suivent ces procédures pour assurer leur efficacité, tant en matière de prévention qu'en matière de traitement des problèmes éventuels

Cet extrait soulève une exigence réglementaire qui peut être définie sous la forme :

Etablir, revoir et suivre, en concertation avec les salariés et/ou leurs représentants, les procédures pour assurer leur efficacité, tant en matière de prévention qu'en matière de traitement des problèmes éventuels

Il est à noter que dans le premier extrait, il y a présence des deux agents, délégataire de pouvoir et personnel, ainsi qu'une ou plusieurs actions de droit (établir, recevoir et suivre des procédures).

L'utilisateur renseigne différents éléments d'un texte à analyser par l'outil, au travers de l'outil Cogniteo®, un éditeur de bases de connaissances réalisé au cours de ce travail de thèse et qui sera décrit dans le chapitre suivant. L'utilisateur renseigne toutes les informations d'un texte telles que la date de signature, la date d'application et la nature de ce texte. Ces informations sont stockées en bases de données, le prototype de reconnaissance semi-automatique des exigences peut dès lors être utilisé. Ce prototype propose le repérage des

exigences réglementaires selon des règles métiers établies au cours des interviews d'experts conduites durant la phase de réalisation de l'ontologie du domaine. Pour ce faire, un certain nombre d'actions sont réalisées par le prototype :

- Découpage du texte en phrases,
- Récupération dans l'ontologie des termes considérés comme porteur d'une possible exigence,
- Analyse de toutes les phrases pour vérifier la présence de ces termes,
- Modification du texte pour mettre en valeur la présence de chaque type de terme (agents de direction, action, agent de personnel),
- Reconstruction du texte en notifiant la présence de ces termes et le cas échéant, la présence d'une exigence réglementaire.

La figure suivante (Figure 17 - Actions réalisées par le système) représente les actions menées par le prototype. Par souci de clarté, cette figure propose un processus volontairement simplifié. D'autres actions sont menées mais ne sont pas fondamentales dans le traitement qui est effectué sur le texte.

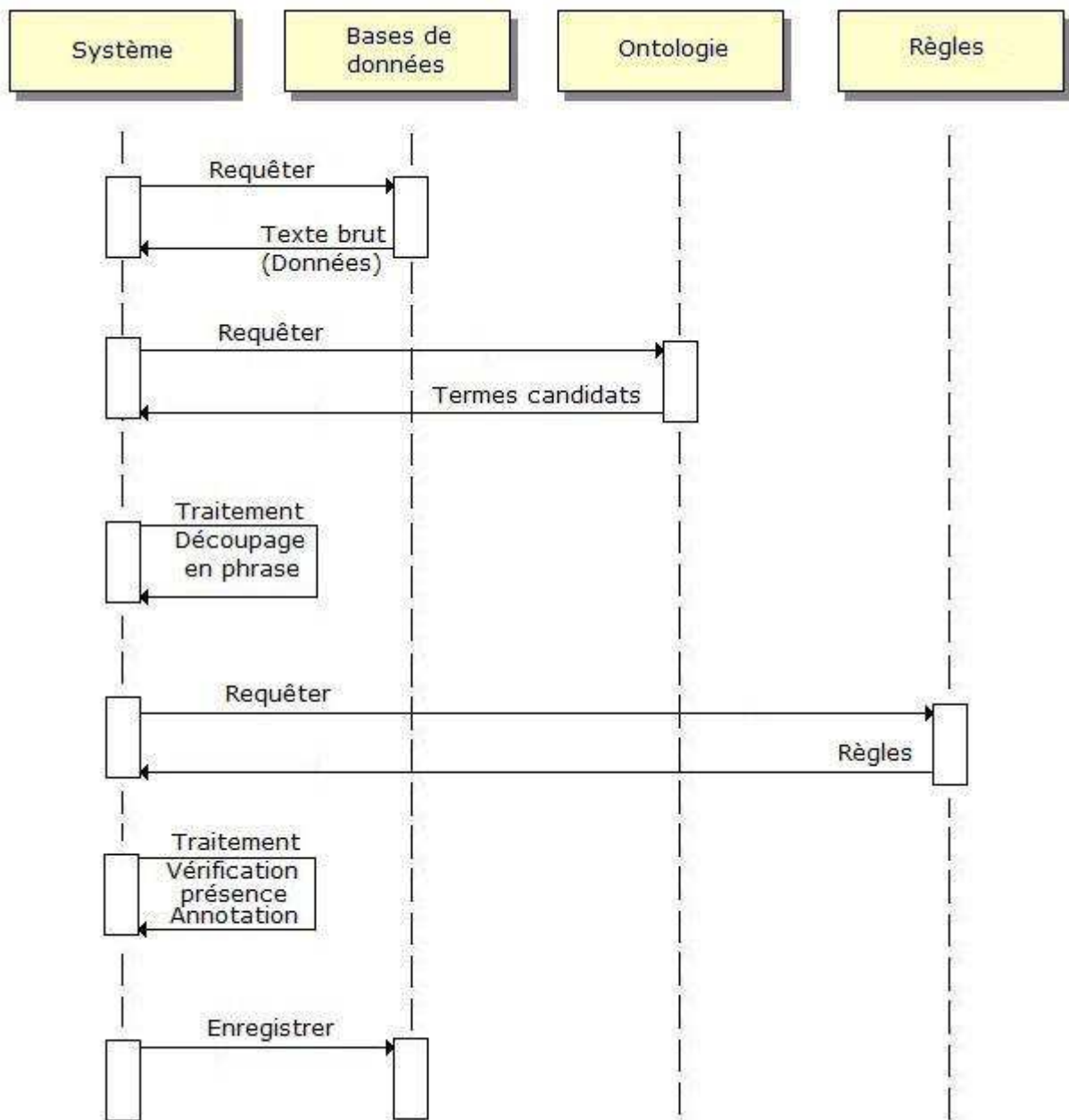


Figure 17 - Actions réalisées par le système

Le résultat du traitement est la reconstruction du texte avec l'ajout d'indicateurs tels que :

- le concept d'agent défini dans l'ontologie,
- le concept d'action,
- la proposition d'exigence réglementaire.

Ainsi, l'utilisateur peut visualiser le texte annoté de toutes les informations nécessaires pour lui permettre une aide à la décision et l'accompagner dans la création de questionnaires de maîtrise de la conformité. Les propositions des exigences qui ont été validées sont ensuite reprise dans le logiciel Cogniteo® qui permet à l'utilisateur de construire interactivement son questionnaire.

3.3.2 Fonctionnement technique

L'outil est réalisé dans un environnement Java, le choix de ce langage a été fait suite à l'inventaire des solutions par ailleurs existantes. Il est vrai que la plupart des outils permettant de traiter les ontologies sont réalisés avec le langage Java. Bien qu'ayant pour objectif d'être utilisé au sein de la plateforme Preventeo® opérée en Php, le choix s'est donc avéré limité.

La base de données est au format MySQL 5.1. Là encore le choix s'est porté sur cet outil en raison de l'utilisation de celui-ci au sein de la plateforme Preventeo®.

Afin de réaliser les opérations de traitement sur l'ontologie, la bibliothèque Jena est utilisée pour réaliser les requêtes de récupération des informations au sein de l'ontologie.

Le langage SparQL permettant dans le cas présent d'interroger l'ontologie pour récupérer les sèmes des différents concepts (Agent de direction, Agent de personnel et Action) est utilisé.

En l'état actuel, le prototype est fonctionnel et s'exécute en "invité de commande", l'informaticien est alors chargé de lancer l'outil avec les paramètres de l'application. Il est nécessaire de spécifier l'identifiant du texte à analyser ainsi que le souhait de recréer ou non une copie du texte ou d'écraser une précédente analyse par l'outil. Cette option permet par exemple de générer plusieurs versions de l'analyse au fur et à mesure des améliorations apportées sur l'outil ou sur l'ontologie.

Les étapes du fonctionnement du prototype sont décrites ci-après.

Etape 1. Connexion à la base de données

La connexion à la base de données est réalisée dans le langage Java en utilisant un connecteur à la base de données MySQL.

Etape 2. Récupération du texte dont l'identifiant est passé en paramètre de l'application

Les données du texte sont récupérées, ici, si l'outil a déjà proposé une analyse du texte, l'identifiant correspondant est récupéré dans cette requête afin, selon le paramètre passé à l'application, de l'écraser ou de créer un nouveau texte. Il est à considérer aussi le découpage proposé par l'opérateur qui analyse le texte, il est possible de réaliser un découpage manuel du texte en articles, ceci permet de renseigner ces informations de découpage directement dans le texte. Ainsi, plutôt que de réaliser un traitement du texte complet, il est possible de traiter les différents articles qui composent le texte en question.

Etape 3. Découpage du texte en phrases

Le texte est ensuite découpé en phrases. L'outil propose une analyse sur chaque phrase du texte récupéré. Ceci dans le but de proposer une extraction la plus fine possible des exigences réglementaires. Cette méthode présente l'avantage de la précision sur les exigences réglementaires mais engendre aussi des inconvénients tels que la non gestion des exigences sur plusieurs phrases. Il est à considérer une phrase dans le langage français comme une chaîne de caractères qui commence par une majuscule et se termine par un point. Si le point de départ est celui-ci, les textes étant insérés en base de données au format HTML, certaines particularités sont ajoutées pour le traitement, ainsi, les retours à la ligne ou fin de paragraphe (</p> </div>) considèrent aussi un bloc comme une phrase à analyser.

Etape 4. Connexion sur l'ontologie

De la même manière que le prototype se connecte à la base de données, la connexion sur l'ontologie se fait au travers d'un connecteur ontologique. Le temps de la connexion sur

l'ontologie est relativement long, cependant, l'ontologie est alors chargée en mémoire, ce qui permet par la suite d'être très performant sur les requêtes effectuées.

Etape 5. Récupération des termes candidats porteurs d'exigences réglementaires

Le langage SPARQL, présenté dans le chapitre précédent, permet d'effectuer des requêtes sur l'ontologie. Ainsi, au travers d'une requête syntaxiquement proche du langage SQL, il est aisé de traiter les informations contenues dans l'ontologie. L'exemple ci-dessous sélectionne les étiquettes rédigées dans la langue française de toutes les sous-classes du concept Agent.

Tableau 4 - Requête SPARQL

```
PREFIX onto: <http://monontologie.com/ressources#>
PREFIX rdfs: <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#>
SELECT ?label ?class
WHERE {
    ?class rdfs:subclassof 'Agent' .
    ?class rdfs:label ?label .
    FILTER (?label rdfs:lang('fr') )
}
```

Cette requête est effectuée pour vérifier la présence des termes dans le texte, il est nécessaire ensuite de récupérer certaines informations telles que l'instance correspondant au terme ainsi que les principes de management liés dans le cas d'un concept d'action.

Etape 6. Vérification sur chaque phrase de la présence des différents concepts

Il est ensuite possible de traiter chaque phrase, les informations basiques de l'ontologie étant récupérées et stockées en mémoire, il est nécessaire de vérifier la présence des différents termes dans les phrases. Lors de cette phase, l'outil vérifie la présence d'au moins un terme de chaque concept ainsi que la position les uns par rapport aux autres afin de proposer ou non une exigence réglementaire. Toutefois, les informations relevées sont annotées sur le texte final.

Etape 7. Annotation du texte

Durant cette étape, le texte se voit ajouter toutes les informations permettant de prendre une décision, premièrement, tous les termes sont mis en surbrillance selon trois couleurs, une pour chaque famille de concepts : Agent de direction, Agent de personnel et Action. De même, lors du repérage d'une exigence réglementaire, la phrase est soulignée afin que l'opérateur puisse visualiser directement les exigences proposées. Ajouté à ces informations, un récapitulatif des traitements effectués est affiché, le nombre d'exigences repérées, le nombre de termes repérés pour chaque famille et le nombre de phrases analysées et la version du texte proposé.

Etape 8. Enregistrement du texte dans la base de données ou écrasement de la précédente analyse

Toutes les informations étant ajoutées sur le texte, celui-ci peut ensuite être enregistré dans la base de données. Si l'utilisateur a choisi d'écraser les propositions précédentes des analyses, l'identifiant récupéré dans la troisième étape est utilisé pour la mise en base de données. Sinon, un nouveau texte est créé et la version est incrémentée.

3.3.3 Résultats d'utilisation du prototype

Lorsque le traitement de l'outil est terminé, un second texte est créé, celui-ci étant annoté des informations permettant de prendre une décision. Dans l'exemple d'utilisation qui suit, le texte utilisé est l'un des textes utilisés pour la construction de l'ontologie, l'accord du 26 mars 2010 sur le harcèlement et la violence au travail.

Cet exemple permet de montrer les résultats du prototype sur un cas concret et conduit à les mettre en parallèle avec les travaux réalisés par un expert du domaine sur la construction d'un questionnaire d'audit de conformité réglementaire.

Un extrait du texte de référence est présenté dans la figure (Figure 18 - Extrait de l'accord du 26 mars 2010).

Aucun salarié ne doit subir des agissements répétés de harcèlement qui ont pour objet ou pour effet une dégradation de ses conditions de travail susceptible de porter atteinte à ses droits et à sa dignité, d'altérer sa santé physique ou mentale ou de compromettre son avenir professionnel.

De même, aucun salarié ne doit subir des agressions ou des violences dans des circonstances liées au travail, qu'il s'agisse de violence interne ou externe :

- la violence au travail interne est celle qui se manifeste entre les salariés, y compris le personnel d'encadrement,
- la violence au travail externe est celle qui survient entre les salariés, le personnel d'encadrement et toute personne extérieure à l'entreprise présente sur le lieu de travail.

En conséquence, l'employeur prend toutes les mesures nécessaires en vue de prévenir de tels agissements :

- Les entreprises doivent clairement affirmer que le harcèlement et la violence au travail ne sont pas admis. Cette position qui peut être déclinée sous la forme d'une « charte de référence » précise les procédures à suivre si un cas survient. Les procédures peuvent inclure une phase informelle, durant laquelle une personne ayant la confiance de la direction et des salariés est disponible pour fournir conseils et assistance.
- La diffusion de l'information est un moyen essentiel pour lutter contre l'émergence et le développement du harcèlement et de la violence au travail. A cet effet, la position ci-dessus, lorsqu'elle fait l'objet d'un document écrit ou de la « charte de référence », est annexée au règlement intérieur dans les entreprises qui y sont assujetties.

Figure 18 - Extrait de l'accord du 26 mars 2010

En résultat du traitement de ce texte, l'outil génère le texte suivant :

Aucun **salarié** ne doit subir des agissements répétés de harcèlement qui ont pour objet ou pour effet une dégradation de ses conditions de travail susceptible de porter atteinte à ses droits et à sa dignité, d'altérer sa santé physique ou mentale ou de compromettre son avenir professionnel.

De même, aucun **salarié** ne doit subir des agressions ou des violences dans des circonstances liées au travail, qu'il s'agisse de violence interne ou externe :

- la violence au travail interne est celle qui se manifeste entre les **salariés**, y compris le personnel d'encadrement,

- la violence au travail externe est celle qui survient entre les **salariés**, le personnel d'encadrement et toute personne extérieure à l'**entreprise** présente sur le lieu de travail.

En conséquence, l'**employeur** prend toutes les mesures nécessaires en vue de prévenir de tels agissements :

- Les **entreprises** doivent clairement affirmer que le harcèlement et la violence au travail ne sont pas admis. Cette position qui peut être déclinée sous la forme d'une " charte de référence " précise les procédures à suivre si un cas survient. Les procédures peuvent inclure une phase informelle, durant laquelle une personne ayant la confiance de la **direction** et des **salariés** est disponible pour fournir conseils et assistance.

- La diffusion de l'information est un moyen essentiel pour lutter contre l'émergence et le développement du harcèlement et de la violence au travail. A cet effet, la position ci-dessus, lorsqu'elle fait l'objet d'un document écrit ou de la " charte de référence ", est annexée au règlement intérieur dans les **entreprises** qui y sont assujetties.

L'**employeur**, en concertation avec les **salariés** et/ou leurs représentants, prend les mesures nécessaires en vue de prévenir et gérer les agissements de harcèlement et de violence au travail.

A cet effet, il apparaît important de recenser, le cas échéant, les phénomènes de harcèlement ou de violence au travail afin d'en mesurer l'ampleur, d'en appréhender les circonstances, et de rechercher les mesures de prévention adéquates.

Le harcèlement et la violence au travail ne peuvent se présumer. Toutefois, en l'absence de dénonciation explicite, les **employeurs** doivent manifester une vigilance accrue à l'apparition de certains indicateurs ou indices tels que des conflits personnels répétés, des plaintes fréquentes de la part de **salariés**, ou des passages à l'acte violents contre soi-même ou contre d'autres.

Figure 19 - Extrait du résultat du traitement

Dans le texte présenté ci-dessus, les concepts définis dans l'ontologie sont surlignés de différentes couleurs. En bleu, les concepts dits « d'agent de direction » (entreprise, direction et employeur). Ces concepts sont associés sur des verbes d'action tels que pouvoir, devoir ou prendre. Les concepts d'agent de personnel sont surlignés en vert. On retrouve ici le terme « salarié », dans le texte présent, aucune restriction sur le personnel. Tout employé de l'entreprise est soumis à ces règles, qu'il soit stagiaire ou personnel sous CDI. Le texte ainsi annoté est ajouté dans la liste des textes du questionnaire, l'opérateur peut alors le sélectionner pour construire le questionnaire. Il ne reste alors qu'à créer la vulgarisation des exigences. Suite à cela, l'opérateur peut renseigner toutes les informations complémentaires de l'exigence réglementaire.

3.3.4 Résultats de performance

Pour réaliser les différentes étapes décrites dans le chapitre 3.2.2 Fonctionnement technique, les ressources temporelles sont quantifiées à quelques secondes. Pour l'exemple du traitement de l'accord du 26 mars 2010, le traitement peut être résumé au travers du tableau 2 – Performance de l'outil.

Tableau 5 - Performance de l'outil

	Juriste	Prototype
Exigences	26	20
Temps de reconnaissance	20 minutes	5 secondes
Création du questionnaire	30 minutes	Non applicable

Ce tableau illustre les écarts dans la reconnaissance des exigences entre un juriste expert du domaine et le prototype développé.

Bien que l'outil ne repère pas toutes les exigences, principalement du au format de celles-ci (exigences définies sur plusieurs phrases), l'outil propose un temps de reconnaissance bien

plus rapide qu'un juriste. Quand le juriste doit lire et appréhender l'existence ou non d'une exigence, l'outil permet l'automatisation de cette tâche. Ainsi, alors que l'expert du domaine va réaliser la lecture et l'analyse des différentes exigences réglementaires en quelques vingt minutes, l'outil propose ce même travail en quelques secondes.

Au stade de prototype, l'outil ne permet pas la construction automatique du questionnaire, toutefois, cette piste d'amélioration est étudiée en vue d'une mise en œuvre à moyen terme.

Conclusion du chapitre

Ce chapitre a décrit sommairement le contenu de l'ontologie réalisée. Il a aussi permis de décrire le couplage entre l'ontologie réalisée et un prototype de logiciel visant à détecter semi automatiquement des exigences réglementaires. Ce prototype requiert encore plusieurs améliorations, tant sur le contenu de l'ontologie que sur les fonctionnalités du prototype lui même. Il est défini que plus l'ontologie se verra agrémentée d'informations du domaine, plus les domaines de celle-ci pourront être traités. L'ambition est d'intégrer à terme le prototype au sein de la plateforme Preventeo® au travers de l'outil Cogniteo®. Le chapitre suivant présente la plateforme Preventeo®, ses outils et plus particulièrement l'éditeur de bases de connaissances Cogniteo® et propose l'expérimentation de l'outil au sein de la plateforme.

Chapitre 4. Conduite d'une expérimentation et discussion des résultats

Ce chapitre traite de la mise en œuvre et de l'implémentation du modèle de gestion des connaissances décrit dans le chapitre précédent. Une expérimentation conduite avec une entreprise industrielle « pilote » permet de démontrer l'effectivité du travail accompli. Dans un premier temps, la plateforme Preventeo® et la société éponyme sont présentées. Les protocoles d'évaluation de la construction de référentiels d'évaluation de la conformité réglementaires sont ensuite explicités. Enfin, l'entreprise « pilote » sélectionnée dans le cadre de l'expérimentation est décrite. Les résultats de l'expérimentation réalisée sont détaillés et discutés.

4.1 Présentation de la plateforme Preventeo®

Cette section présente l'entreprise partenaire de la thèse, ainsi que les solutions mises en œuvre pour l'opérationnalisation du modèle de gestion des connaissances proposé dans le chapitre 3. Après une brève présentation de l'historique de l'entreprise, le manuscrit décrit les différents progiciels qui constituent la plateforme.

4.1.1 Présentation de la société partenaire Preventeo®

La société Preventeo® est créée en 2002 à l'initiative de son gérant actuel, Jean-Marc Rallo. Un contrat de partenariat est signé à partir de 2003 avec le CRC de MINES ParisTech. Depuis 2005, la solution est commercialisée et de grands comptes choisissent la solution Preventeo® pour les assister dans leur démarche de certification ou pour améliorer la maîtrise de la conformité réglementaire. Preventeo® a été choisie par de nombreuses entreprises opérants dans des secteurs d'activité divers et variés tels que :

- Métallurgie
- Chimie
- Energie

- Transport aérien
- Bâtiment et travaux publics
- Etc.

Les progiciels proposés s'appliquent principalement aux domaines de la Santé Sécurité au Travail et de l'Environnement. Afin d'élargir l'offre, les travaux en cours portent sur les domaines de la Qualité, de la Sécurité Alimentaire et de la Sécurité Industrielle.

Dans le domaine de la SST, les progiciels permettent aux préventeurs en entreprises d'effectuer des évaluations de la conformité à partir de référentiels légaux, normatifs ou même internes. Preventeo® propose aussi de réaliser des évaluations des risques professionnels ou environnementales, ceci, en vue de construire le document unique²¹ de l'entreprise.

Pour accompagner les entreprises dans la mise en œuvre et le déploiement opérationnel des outils, la société fournit un certain nombre de services d'assistance : des formations à l'utilisation ou bien l'assistance à la création du périmètre réglementaire concernant l'entreprise et ses activités. Selon la nature, les formations peuvent être réalisées de façon théorique, en salle, ou bien selon une approche plus pratique dans le cadre d'accompagnement lors de la mise en place du dispositif de veille et d'évaluation (découpage de l'organisation, sélection du périmètre légal applicable, participation aux audits de conformité, etc.). Il est à noter que les accompagnateurs Preventeo® sont des spécialistes des progiciels ayant des formations d'ingénieurs HSE (Hygiène, sécurité, environnement) ou de juristes spécialisés en gestion des risques. En plus de ces accompagnements, Preventeo® met à disposition de ces utilisateurs une « hotline » d'assistance juridico-technique. Ce service permet de centraliser les demandes des différentes entreprises concernant des dysfonctionnements ou des demandes d'amélioration de la plateforme. Elle propose également la possibilité de poser des questions

²¹ Le document unique permet de définir les risques auxquels les salariés sont susceptibles d'être exposés dans l'exercice de leurs fonctions. Il peut alors servir à anticiper la réalisation de ces risques et à mettre en place des actions de prévention appropriées. <http://www.juritravail.com>

juridiques associées aux référentiels d'évaluation de la conformité proposés ou plus spécifiquement sur l'application d'un texte vis-à-vis de l'entreprise.

Afin de pouvoir traiter l'ensemble des demandes des entreprises, la société dispose d'équipes pluridisciplinaires organisées en deux pôles. Les informaticiens développent, améliorent et corrigent les dysfonctionnements des progiciels, tandis qu'une équipe d'ingénieurs HSE et de juristes est en charge de l'élaboration du contenu des bases de données et des accompagnements auprès des entreprises. Un service commercial soutient naturellement ces deux activités.

4.1.2 Présentation des solutions logicielles

La plateforme logicielle de Preventeo® (Figure 20 - Présentation des modules de la plateforme Preventeo®) est composée de différents modules subdivisés en sous-modules.

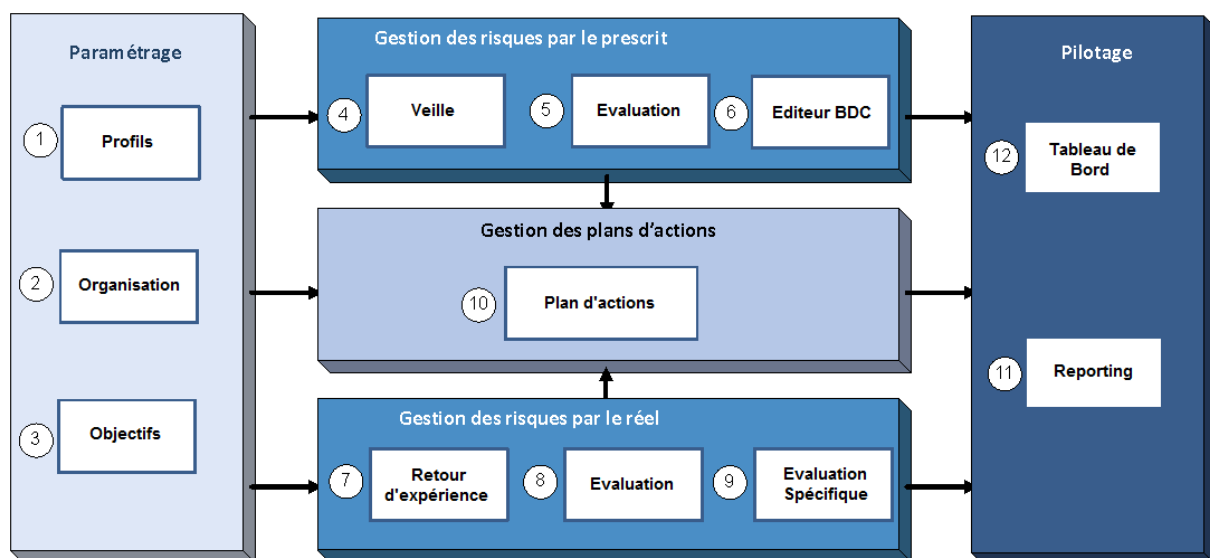


Figure 20 - Présentation des modules de la plateforme Preventeo®

Le premier module progiciel est consacré aux fonctionnalités d'administration et de paramétrage de la plateforme. Dans ce module, il est possible de définir les droits des utilisateurs ayant accès à l'outil (1), le découpage organisationnel de l'entreprise (2) ou bien encore de définir les objectifs (3) que l'entreprise vise selon le niveau de l'organisation.

La gestion du découpage organisationnel se veut intuitive et facile d'utilisation au travers d'une grande souplesse permettant de définir une organisation aussi bien géographique que fonctionnelle, par processus ou bien mixte. Il permet ainsi de répondre à l'ensemble des besoins des différents clients. Les droits des utilisateurs sont définis selon les outils accessibles et précisent le degré d'intervention de l'utilisateur, c'est-à-dire, son accès en consultation ou rédaction selon le niveau de l'organisation. Ainsi, il est possible de définir des utilisateurs de type « managers » en charge de suivre un système de maîtrise de la conformité sur plusieurs entités distinctes. A ce titre, ces utilisateurs ont accès en consultation sur tous les niveaux de l'organisation qui les concernent et peuvent rapidement consulter toutes les informations des sites dont ils ont la charge. Enfin le sous-module « objectifs » permet de définir les objectifs propres à chaque niveau de l'entreprise concernant le pourcentage de conformité ciblé, l'avancement des évaluations de conformité ou des risques. Ces informations sont ensuite reprises dans les rapports et offrent une vision claire aux responsables des entreprises.

Le module de gestion des risques par le prescrit propose trois sous modules en charge de la veille réglementaire (4), de l'évaluation de la conformité réglementaire (5) et de l'édition de référentiels internes aux entreprises (6) :

- Le module de veille permet, sur la base de l'organisation définie dans le module « organisation », de déterminer le périmètre légal applicable à chaque entité de l'entreprise en matière de SST ou d'Environnement. Selon le filtrage des thématiques opéré au travers de la définition du périmètre légal, l'outil affiche toutes les informations concernant l'entreprise, les différentes thématiques, les textes ainsi que les exigences associés à ceux-ci. Chaque élément est détaillé dans une fiche spécifique, ainsi l'utilisateur peut retrouver toutes les informations concernant une thématique, une aide permettant d'aider à la décision du périmètre légal, les différents documents et services concernés. De plus, dans une fiche thématique, l'utilisateur retrouve tous les textes et exigences associés. Afin d'offrir une appropriation des informations à chaque entreprise, les utilisateurs peuvent renseigner des commentaires

partagés avec l'ensemble des collaborateurs de l'entreprise, ceux-ci permettent de notifier certaines spécificités légales de l'entreprise : par exemple, cela permet de prévenir tous les collaborateurs qu'une thématique est à définir au sein du périmètre réglementaire.

- Le périmètre légal qui concerne l'entreprise est évalué en détail au travers du module « évaluation ». Celui-ci a pour objectif de permettre la réalisation d'analyses détaillées de la conformité. Il propose aussi des rapports édités automatiquement et le suivi des actions.
- Enfin, le dernier sous module propose la création de référentiels propres aux entreprises au travers d'un éditeur de bases de connaissances permettant la création de questionnaires d'audits de conformité. Compte tenu de l'importance de ce module dans ce travail de recherche, celui-ci sera décrit plus en détail dans la section suivante.

Le module de gestion des risques par le réel s'appuie sur trois sous modules proposant une évaluation des risques professionnels et environnementaux (8) ainsi qu'une évaluation des risques spécifiques (pénibilité ou chimique) (9), enfin, un outil facilitant l'apprentissage et le retour d'expérience (7) suite à l'analyse d'un accident ou incident. Tous les résultats d'évaluation des risques, par le réel ou le prescrit, aboutissent à une liste d'actions à mettre en œuvre. Celles-ci sont présentes dans le module de gestion des actions « plan d'actions » (10). Ainsi, chaque non-conformité relevées ou mesures à mettre en œuvre se retrouve dans ce module, le but étant de retrouver toutes les actions à mener pour améliorer la qualité globale de l'entreprise vis-à-vis des évaluations réalisées. Pour chaque action à mener, il est possible de définir un pilote, une date prévisionnelle de réalisation, un niveau de priorité ou bien d'ajouter un commentaire facilitant l'appropriation de l'action. Enfin, l'outil propose le suivi des actions à mener mais aussi des actions réalisées. L'exportation automatique de toutes ces informations permet de faciliter la construction du rapport annuel de prévention des risques.

Enfin, le dernier module « pilotage » est composé de deux sous modules « Reporting » (10) et « tableau de bord » (12) :

- Le sous module « Reporting » permet de générer des rapports à partir des résultats des évaluations des conformités réglementaires et des risques professionnels. Ces rapports sont disponibles sous différents formats de fichiers (PDF, XLS, DOC, PPT, etc.) et

présentent de nombreux résultats pour les évaluations réalisées.

- Le sous module « tableau de bord » propose différents graphiques explicitant toutes les informations de l'entreprise concernant les évaluations réalisées : Etat d'avancement, pourcentage de conformité, mesures à mener, etc. Les graphiques sont générés à la demande selon le point de vue désiré, chaque information peut être catégorisée selon différents leviers tels que le niveau de l'organisation, les principes de management, ou bien famille de dangers. Cet outil permet de rendre compte rapidement de l'état de l'entreprise.

4.1.3 Architecture technique

Cette sous-section décrit l'architecture réseau en place pour l'utilisation de la plateforme logicielle, puis les différentes technologies et langages de programmation utilisés. Avant toute chose, il est nécessaire de rappeler que le projet Preventeo® remonte à 2005, ainsi, de nombreuses améliorations techniques ont été apportées durant les années qui ont suivies. La plateforme suit logiquement les évolutions techniques au fur et à mesure des travaux effectués sur les différents progiciels.

4.1.3.1 Architecture réseau

La plateforme logicielle est accessible en mode SaaS (Software as a Service) avec une connexion au travers d'un poste client utilisant un navigateur Internet²². L'architecture réseau déployée est une architecture en trois tiers : navigateur Internet, serveur applicatif et serveur de base de données.

Cette architecture technique offre de nombreux avantages. D'un point de vue collaboratif tout d'abord, elle permet une utilisation simultanée par des centaines d'utilisateurs et ceci, pour tout utilisateur disposant d'un accès Internet. Elle évite la contrainte d'installation pour l'utilisateur, l'accès à la plateforme se faisant via un navigateur Internet, aucune installation

²² Mozilla Firefox ou Internet Explorer par exemple

logicielle n'est requise et les utilisateurs profitent des corrections et améliorations de manière transparente. Ce mode SaaS permet de d'affranchir des opérations de maintenance matérielle et logicielle, ces opérations étant directement effectués sur les serveurs au sein de l'infrastructure Preventeo®. De ce fait, tous les investissements matériels et logiciels ainsi que les coûts de maintenance sont mutualisés. Bien évidemment, dans un souci de confidentialité et de sécurité, toutes les communications de données sont encryptées afin de protéger les utilisateurs. Un certificat de connexion complète le dispositif.

4.1.3.2 Technologies et langages de programmation

L'architecture de déploiement de la plateforme logicielle est composée de trois tiers (Figure 21 - Architecture réseau simplifiée). Chacun de ces tiers utilise des technologies et langages de programmation différents. Ainsi, sur le poste client et son navigateur web, le langage JQuery et la technologie Ajax²³ sont majoritairement utilisés. Sur le serveur Web Apache²⁴, PHP et particulièrement le Framework Zend²⁵ sont utilisés. Enfin, sur le serveur de base de données, MySQL²⁶ est mobilisé.

²³ Ajax : Asynchronous Javascript And XML (eXtensible Markup Language). Cette technologie permet le transfert de données entre le serveur et le poste client de manière transparente.

²⁴ Apache est un logiciel libre permettant la mise en œuvre de serveur http

²⁵ Pour en savoir plus : <http://www.zend.com> (Pauli, 2008),

²⁶ MySQL est un système de gestion de base de données (SGBD) open-source parmi les plus utilisés dans les applications Web. Pour en savoir plus : <http://www.mysql.com>

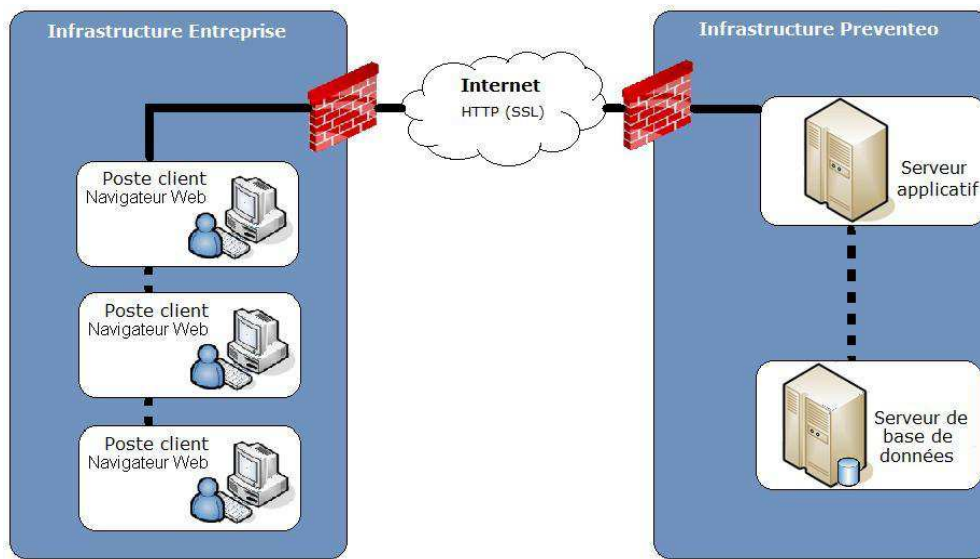


Figure 21 - Architecture réseau simplifiée

4.1.3.2.1 Poste client - Browser

Sur le poste client, le navigateur Internet envoie des requêtes auprès du serveur Web applicatif. Ces requêtes sont adressées lors de la demande d’affichage d’une page par exemple ou bien encore de manière plus fluide et transparente au travers de requêtes effectuées au travers de la technologie Ajax. Cette technologie permet de générer des requêtes au serveur de façon transparente pour l’utilisateur.

Sur le poste client, le langage Javascript est utilisé, spécifiquement au travers de la librairie JQuery²⁷ qui propose de nombreuses fonctions permettant de simplifier l’usage de Javascript sans atténuer les performances du langage. Le principal attrait de JQuery est de proposer des effets d’animation et d’affichage sur le poste client. Ainsi, un simple clic ou le fait de placer la souris sur un élément peut faire apparaître des informations cachées jusqu’alors. Cette utilisation est très employée pour ajouter un grand nombre d’informations qui ne sont visibles qu’à la demande du client sans nécessité de recharger la page. Par exemple, au sein du module

²⁷ Pour en savoir plus : <http://www.jquery.com>

« plan d’actions », tous les commentaires définis dans les actions apparaissent en plaçant la souris sur l’intitulé de l’action. JQuery est aussi utilisé afin de garantir une certaine sécurité en vérifiant par exemple la cohérence des informations renseignées dans les formulaires (une date est au bon format, un champ numérique ne contient pas d’informations autre que des chiffres, etc.).

4.1.3.2.2 *Serveur Web Apache*

Les requêtes envoyées au serveur par le navigateur internet sont gérées par le serveur Web Apache. Celui-ci permet de créer des pages Web au format HTML²⁸. Le langage PHP complète le dispositif, celui-ci génère des pages Web de manière dynamique. En extension de ce langage PHP, le framework Zend est utilisé. Il est possible de considérer ce framework comme un cadre de travail offrant des fonctions permettant la programmation en suivant le modèle de conception MVC (Modèle Vue Contrôleur). Ces fonctions sont destinées à améliorer le temps de développement et de maintenance d’applications Web au travers de l’intégration de mécanismes de sécurité et d’une programmation orientée objet par exemple.

Le modèle de conception MVC permet de cloisonner les différentes parties d’une application Web. Ainsi, les modèles sont en charge de la manipulation des données (Processus de traitement et d’interactions avec la base de données). Ces données sont récupérées via les contrôleurs qui sont en charge de séquencer et d’organiser les informations transmises aux vues. La partie Vue est en charge de définir le rendu de l’application. Les interactions sont définies dans la Figure 22.

²⁸ HTML : HyperText Markup Language

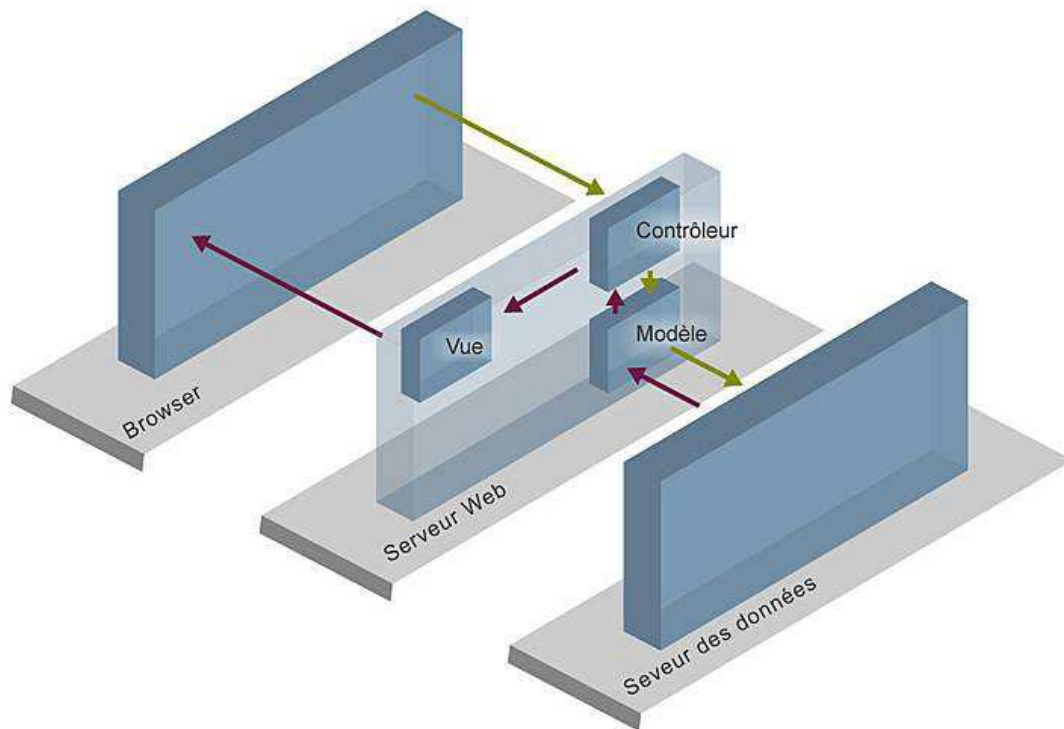


Figure 22 - Intégration du modèle de conception MVC au sein d'une architecture 3 tiers

4.1.3.2.3 Serveur de Base De Données

Les modèles sont en interaction avec le serveur de base de données, au sein la plateforme Preventeo®, le SGBD utilisé est MySQL. Toutes les opérations de manipulation de données au sein de la base de données est rendu possible grâce au langage SQL²⁹ permettant des transactions entre le serveur applicatif et le SGBD. Les transactions possibles pour la manipulation de données sont des insertions, des mises à jour, des suppressions et des projections de données au sein du SGBD.

Ainsi, grâce à ces différentes technologies, la plateforme Preventeo® affiche, met à jour et supprime des données mutualisées pour chaque client. La plateforme propose une approche collaborative des informations recensées ou chaque utilisateur est acteur de la responsabilisation de l'entreprise à la maîtrise des risques et de la conformité réglementaire.

²⁹ SQL : Structured Query Language

Dans la section suivante est présenté le module de gestion des risques par le prescrit, celui-ci étant indispensable à l'opérationnalisation du modèle de gestion des connaissances proposés.

4.2 Présentation détaillée du module de gestion des risques par le prescrit

Cette section présente les outils logiciels utilisés afin de mettre en œuvre l'expérimentation du modèle de gestion des connaissances proposé dans le chapitre précédent. Afin d'expliciter clairement le cadre opérationnel de cette expérimentation, chaque outil est présenté selon une approche fonctionnelle et technique. Cogniteo®, le module d'édition de référentiels d'audit est d'abord présenté en détail car il permet le couplage entre l'ontologie réalisée et l'intégration des connaissances au travers de ce même outil. Conformiteo®, l'outil de veille et d'évaluation de la conformité réglementaire est ensuite décrit.

4.2.1 Edition de référentiel : Cogniteo®

L'exploitation des connaissances et l'édition de questionnaire doit pouvoir se faire au travers d'un outil d'édition des questionnaires de maîtrise de la conformité, à cette fin, un outil a été créé. Cet outil répond à deux besoins :

- Formaliser la méthode de création des questionnaires au sein de l'entreprise partenaire.
- Améliorer la qualité globale des questionnaires en automatisant certaines tâches de création de connaissances.

Cet outil est présenté d'un point de vue fonctionnel puis d'un point de vue technique.

4.2.1.1 Description fonctionnelle

L'entreprise Preventeo® propose des questionnaires de maîtrise de la conformité. Toutefois, au fur et à mesure des créations, un besoin est apparu de formalisation de la méthodologie

employée. De même, des audits qualité ont été entrepris sur la base de données et ont permis de déceler des erreurs et des anomalies qui ont conduit à déterminer des axes de progrès afin de garantir la meilleure qualité possible des bases conçues et développées par les collaborateurs de Preventeo®. C'est donc dans cette optique que le besoin de proposer un nouvel outil de création des questionnaires d'audit est apparu et s'est pleinement justifié.

L'outil propose de créer et gérer une base réglementaire complète ainsi que la création et la maintenance de questionnaires. Pour se faire, il est possible de lister certaines fonctionnalités principales permettant de répondre à ces besoins :

- Catégorisation des informations sur trois niveaux : Les informations entrées dans la base de données sont séparées selon une classification de grandes thématiques (ex : Catégories de personnel, Risque, etc. dans le domaine de la santé et sécurité au travail. Déchets et ressources naturelle dans le domaine de l'environnement.)
- Gestion du corpus réglementaire : Les textes peuvent être insérés via l'outil en base de données. Ces textes peuvent dès lors faire l'objet de questionnaires.
- Création des questionnaires : Les textes peuvent être découpés selon une méthodologie de l'entreprise rendant compréhensible les textes réglementaires au travers de séries de questions ordonnées.

La Figure 23 présente le processus de création d'un questionnaire d'audit. Il est à noter que ce processus n'est pas limité aux domaines de la SST et de l'environnement, des travaux ont permis de montrer les points communs entre différents domaines. A titre d'illustration, le domaine de la sécurité industrielle a été traité par Bourreau (2012b, 2013).

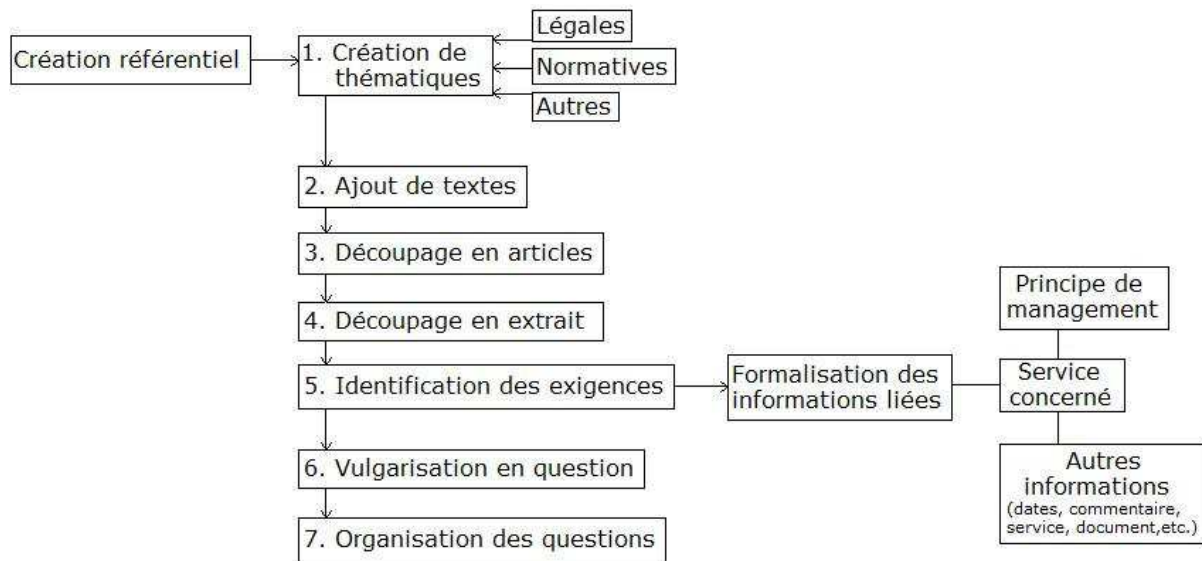


Figure 23 - Processus de création d'un référentiel

Les étapes de création d'un référentiel sont les suivantes :

- La première étape consiste à définir les thématiques, elles-mêmes subdivisées en questionnaire d'évaluation. Le but de cette catégorisation est de faciliter la définition du périmètre légal de l'entreprise. Ici, il est possible de définir des catégories de différents domaines tels que le domaine de la Santé et Sécurité au Travail (SST), de l'environnement (ENV) ou bien encore celui de la Sécurité Industrielle ou la Qualité.
- La deuxième étape consiste en la définition des textes associés à chaque thématique, chaque thématique s'appuyant sur les textes permettant de définir les recommandations réglementaires à intégrer dans les questionnaires.
- Ensuite, les textes sont découpés en articles, ici afin de proposer un détail sur les exigences créées ultérieurement.
- Puis, ces articles sont découpés en extrait d'articles représentant une section du texte contenant une ou plusieurs exigences réglementaires.
- Chaque extrait d'article est analysé pour identifier la ou les exigences susceptibles de faire l'objet d'une évaluation de la conformité réglementaire. Il est à noter cependant que la simple identification de l'exigence ne suffit pas au sein de la plateforme. En effet, chaque exigence fait l'objet d'une analyse poussée afin de la relier à des informations complémentaires utiles lors de l'évaluation de la conformité réglementaire et surtout en fin de traitement au niveau des rapports proposés. Chaque

exigence est alors associée à un ou plusieurs services concernés dans l'entreprise (Ressources humaines, médecine du travail, maintenance, etc.) mais aussi des documents concernés (Règlement intérieur, document unique, etc.). En outre, ces exigences sont aussi associées à des principes de management (Formation du personnel, maîtrise documentaire, etc.). Toutes ces informations permettent alors une classification au sein des rapports afin de visualiser les écarts avec la réglementation selon ces critères. Ainsi, il est possible de générer des rapports de la conformité en relation avec les informations renseignées sur chaque exigence.

- Enfin, les exigences sont associées à des questions et un ordonnancement est défini permettant de proposer les questions à l'utilisateur dans un sens logique et cohérent. Par exemple, l'opérateur peut définir l'ordonnancement des questions en les regroupant selon les services associés. Ainsi, lorsque l'utilisateur réalise l'évaluation de la conformité de son entreprise, il se verra proposer toutes les questions à traiter pour chaque service. Afin de ne proposer que les questions applicables à une entreprise, l'outil permet de créer un système interactif de questions et sous-questions apparaissant en fonction des réponses apportées par l'utilisateur final.

Les trois fonctionnalités principales qui constitue l'outil Cogniteo® : la catégorisation, la création du corpus et enfin la création du questionnaire, sont décrites plus en détail ci-dessous.

4.2.1.1.1 Catégorisation des informations

Dès lors que l'on accède à l'outil Cogniteo®, un espace d'administration du référentiel est affiché. Ici, il est possible de créer des catégories, c'est-à-dire les « étagères » qui composent la bibliothèque du corpus documentaire (Figure 24). Les catégories permettent de classer les questionnaires d'audit sur trois niveaux. Il est à considérer deux niveaux de catégorie, le troisième niveau correspond au niveau des questionnaires. Dans l'exemple ci-dessous, Personnel est une catégorie de premier rang, Contrat de travail et Catégories de travailleurs sont de second rang. Le dernier niveau, Intérimaires, Personnel sous CDD, stagiaires, etc. contient les questionnaires.

Thème réglementaire	Fiche	Exigences	Nouv.
Personnel			
Contrat de travail			
Intérimaires		E	
Personnel sous CDD		E	
Stagiaires		E	
Télétravailleurs		E	
Catégories de travailleurs			
Entreprises extérieures		E	
Femmes enceintes		E	
Jeunes travailleurs de moins de 18 ans		E	
Travailleurs de nuit		E	
Travailleurs handicapés		E	

Figure 24 - Hiérarchie des catégories

Cette hiérarchie des catégories se fait au travers de l'espace d'administration du référentiel (Figure 25).

1	Thèmes	2	Articles	3	Questionnaire		
Questionnaire / Thème			Fiche	Exigences	Textes	Prévisualisation	Modification
Catégories de rang 1							
Catégories de rang 2							
	Exemple de questionnaire		E	T	Détails		

Ajouter une nouvelle catégorie

Ajouter un nouveau thème

Ajouter un nouveau texte

Figure 25 - Interface d'administration

4.2.1.1.2 Gestion du corpus réglementaire

Les utilisateurs sont en mesure au travers de l'outil de construire un référentiel complet, de la hiérarchie des informations aux questionnaires de maîtrise de conformité. Entre ces deux interventions, une phase de construction du corpus est réalisée. L'outil permet de gérer tous les textes du référentiel. L'utilisateur peut renseigner tout ce qui concerne un texte. La nature de celui-ci (Arrêté, norme, Décret, etc.), différentes dates (date d'application, date de signature, etc.), ainsi que des informations de catégorisation telles que les catégories associées à un texte. Certains textes ont un rôle d'explication, d'autres tiennent un rôle d'information

complémentaire et d'autres enfin contiennent les exigences réglementaires, ceux-ci sont dits « essentiels ». Ces textes sont utilisés dans la dernière fonctionnalité de l'outil, la création des questionnaires d'audit.

4.2.1.1.3 Création des questionnaires

Au-delà de la création de la hiérarchie des informations et du corpus réglementaire, l'outil est utilisé pour créer des questionnaires de maîtrise de la conformité réglementaire. Utilisé par un expert du domaine (juriste, ingénieur HSE), il permet de renseigner toutes les informations nécessaires à la compréhension des différents textes réglementaires par un utilisateur lambda. L'outil assure donc bien son rôle de formalisation de la méthodologie utilisée au sein de l'entreprise Preventeo®.

Le processus est composé de différentes tâches distinctes permettant de rendre exploitable par un préventeur en entreprise (animateur QSE, responsable sécurité, etc.) les exigences réglementaires intrinsèques aux textes ciblés. La méthodologie employée est à considérer comme une division du texte en informations cohérentes. Un texte peut être découpé en articles, les articles en extraits, ces extraits en exigences, enfin, ces exigences sont vulgarisées sous la forme de questions. Au final, les questions sont organisées afin de proposer un questionnaire complet.

La création d'un article se veut intuitive en reprenant les habitudes d'analyse des opérateurs en charge de créer ces questionnaires. Les opérateurs ont pour habitude d'imprimer le texte et de surligner les éléments de définition des exigences. Ainsi, très vite, Cogniteo® a intégré la gestion du sur-lignage pour la création des différentes parties du questionnaire. Lorsque l'opérateur ouvre le questionnaire, l'outil est en mode « création des articles » la page est divisée en deux parties, sur la gauche, les articles créés et sur la droite, le texte original. L'utilisateur surligne les articles, clique sur un bouton proposant la création d'un article et une fenêtre apparaît permettant de renseigner les informations de l'article à créer (Figure 26).

1.1.1. L'aire de manoeuvre
Partie d'un aérodrome à utiliser pour les décollages, les atterrissages et la circulation des aéronefs à la surface, à l'exclusion des aires de trafic.
Il s'agit notamment des pistes et de leurs servitudes et des voies de circulation avion (VCA) et de leurs dégagements.

Créer un article	
Numéro*	1.1.1
Titre*	L'aire de manoeuvre
Code de référence	Aucun code
Article	1.1.1. L'aire de manoeuvre Partie d'un aérodrome à utiliser pour les décollages, les atterrissages et la circulation des aéronefs à la surface, à l'exclusion des aires de trafic. Il s'agit notamment des pistes et de leurs servitudes et des voies de circulation avion (VCA) et de leurs dégagements.
<input type="button" value="Valider"/> <input type="button" value="Annuler"/>	

Figure 26 - Création d'un article

Une fois tous les articles créés, l'utilisateur peut sélectionner le mode « questionnaire » permettant de créer les exigences et questions du questionnaire. Dans ce mode de création, la page est toujours découpée en deux parties, sur la gauche, les articles associés aux textes et sur la gauche les questions créées. Ici encore, la solution de sur-lignage a été adoptée, l'utilisateur sélectionne la section de texte avec la souris et un formulaire de création de l'exigence apparaît.

Ce formulaire est divisé en deux parties, la première page (Figure 27) permet de renseigner les informations de la question, l'extrait d'article sélectionné par l'opérateur, l'exigence identifiée, la vulgarisation de celle-ci en question ainsi que des informations complémentaires de la question et de l'exigence comme le commentaire et la condition d'applicabilité. Enfin, l'opérateur peut sélectionner le type de question et utiliser ou non la notion de sous question (Dans cet exemple, la question en cours de création apparaît si l'utilisateur répond Oui à la Question 1). Sur cette page de création d'une exigence, seuls le type de question et l'extrait sont obligatoires. Les champs suivants sont renseignés en cascade, c'est-à-dire que si une information n'est pas renseignée, l'outil reprend automatiquement le champ précédent. Ainsi, il est possible de créer un questionnaire en ne sélectionnant que les extraits considérés comme porteur d'une exigence.

Page : 1 2	Exigence	
Article	Article n°9.1.1.	
Extrait*	Tous les véhicules ou engins chargés du transport de déchets doivent être impérativement bâchés ou fermés afin d'éviter la dispersion des déchets lors de leurs déplacements.	
Exigence	S'assurer que tous les véhicules ou engins chargés du transport de déchets sont impérativement bâchés ou fermés afin d'éviter la	
Question	Tous les véhicules ou engins chargés du transport de déchets doivent être impérativement bâchés ou fermés afin d'éviter la dispersion des déchets lors de leurs déplacements	
Condition d'applicabilité		
Commentaire		
Type de question*	Oui - Non - Preuve à fournir	
Valider l'exigence et créer la question		
<input type="radio"/> Question obligatoire		<input checked="" type="radio"/> Sous question
		Sous question de : Question 1 : Oui
<input type="button" value="Valider"/> <input type="button" value="Annuler"/>		

Figure 27 - Création d'une exigence (page 1)

Une seconde page (Figure 28) est en charge de renseigner les informations spécifiques de l'exigence à créer. Il est à noter que toutes ces informations sont facultatives mais permettent de mieux visualiser l'information au niveau des rapports générés.

Page : 1 2	Exigence détaillée
Question	Tous les véhicules ou engins chargés du transport de déchets doivent être impérativement bâchés ou fermés afin d'éviter la dispersion des déchets lors de leurs
Levier de prévention	Maîtrise de la sécurité des activités
Date d'application	21-09-2007
Documents obligatoires	Accord d'entreprise ou de groupe Accord d'exécution Accord écrit autorisant la mise en place de mesures de sé Accord écrit prévoyant les modalités de surveillance et de Accord formalisé relatif à la PCR externe à l'établissement
Services concernés	Direction Ressources humaines CHSCT Opérationnel Médecine du travail
Périodicité	Aucune Si la période désirée n'est pas dans cette liste, vous pouvez l'inscrire directement sous le format suivant : 1J : Tous les jours, 3M : Tous les trois mois, 5A : Tous les 5 ans <input type="text"/>
Valider l'exigence et créer la question	
<input type="radio"/> Question obligatoire <input checked="" type="radio"/> Sous question	
Sous question de : Question 1 : Oui	
<input type="button" value="Valider"/> <input type="button" value="Annuler"/>	

Figure 28 - Création d'une exigence (page 2)

Ici, l'opérateur a un visuel sur la question en cours de création et peut renseigner les informations de l'exigence comme le levier de prévention (principe de management) ou la date d'application de l'exigence (celle-ci est proposée automatiquement en reprenant la date d'application du texte en cours d'analyse). De plus, les documents obligatoires, services concernés et la possible périodicité de l'exigence peuvent être précisés.

Une fois ce processus effectué, l'utilisateur peut rendre disponible le questionnaire d'audit, ce qui a pour effet de traiter les informations renseignées au sein de l'outil pour les afficher dans Reglementeo® et Conformiteo®, présentés dans la section suivante. Avant cela, l'utilisateur peut vérifier toutes les informations renseignées afin de valider ou non le questionnaire créé. Pour se faire, deux outils sont à disposition, le mode « détail » et le mode « d'évaluation de test ». Le mode détail propose un affichage complet des informations renseignées. Les questions, les réponses, les exigences ainsi que les informations liées sont affichées sur une même page. De plus, il est possible de réaliser une évaluation à vide du questionnaire conçu. L'outil Conformiteo® est utilisé ici afin de vérifier le bon ordonnancement des questions et de visualiser ce qui sera rendu disponible aux collaborateurs de Preventeo® et à terme aux préventeurs de l'entreprise.

4.2.2 Evaluation de la conformité : Conformiteo®

Cet outil permet de conduire des audits de la conformité réglementaire. Compte tenu de l'interrelation entre le module de veille réglementaire Reglementeo® et Conformiteo®, certaines fonctionnalités de Reglementeo® sont présentées dans cette section. Reglementeo® traite l'accès aux thématiques, aux textes, exigences et documents réglementaires. Conformiteo® est centré sur les questionnaires, outre la possibilité de réaliser des auto-évaluations sur les questionnaires, l'outil propose la mise en place de plan d'actions. Dès lors qu'une non-conformité est décelée, une action est mise en place automatiquement en vue de renseigner le plan d'actions, l'auditeur peut ensuite renseigner différentes informations telles que la date de résolution prévue ou le pilote en charge de suivre l'action.

4.2.2.1 Description fonctionnelle

Reglementeo® et Conformiteo® sont deux outils inter-reliés occupant tout le processus de traitement de veille et d'évaluation. Le contenu de ces deux outils est le même, cependant, le traitement de ces données diffèrent d'un outil à l'autre. Quand Reglementeo® propose l'affichage des listes de toutes les informations, Conformiteo® quant à lui propose une certaine dynamique dans l'affichage de ces informations. L'outil Reglementeo® fonctionne en synergie avec Conformiteo®, avant de réaliser les différentes auto-évaluations, l'utilisateur

définit son périmètre légal. Pour se faire, l'utilisateur dispose d'une liste des thématiques proposées par Preventeo® et d'une aide sur chacune de celles-ci, ainsi, la sélection des thématiques est grandement facilitée par l'outil. De plus, comme il l'a été mentionné précédemment, les experts de Preventeo® peuvent assister à la définition du périmètre légal au travers d'accompagnements. La Figure 29 présente un extrait des différentes thématiques traitées au sein de la plateforme Preventeo®.

Risques				
Incendie				
Dégagements [Bâtiments existants]	①	②	E	
Détecteurs ioniques		②	E	
Eclairages de sécurité			E	
Moyens d'extinction et de détection			E	③
Systèmes d'alarme sonore			E	
Explosion				
Atmosphères explosives			E	
Opérations pyrotechniques			E	
Produits explosifs à usage civil			E	
Chimique				
Agents chimiques dangereux			E	
Agents chimiques dangereux cancérogènes, mutagènes et toxiques pour la reproduction			E	
Interventions sur des matériaux, des équipements, des matériels ou des articles susceptibles de provoquer l'émission de fibres d'amiante			E	
Opérations comportant des risques d'exposition à l'amiante			E	
Plomb et ses composés			E	
Travaux d'encapsulage et de retrait d'amiante ou d'articles en contenant			E	
Biologique				
Agents biologiques			E	
Légionelloses			E	
Produits surgelés			E	

Figure 29 - Extrait de thématiques proposées par Preventeo®

Sur chaque thématique est associée une fiche détaillée (1) contenant toutes les informations permettant l'assistance dans la définition du périmètre légal (aide concernant l'applicabilité, documents nécessaires, services concernés, principe de management, etc.). De plus, les thématiques faisant l'objet d'un questionnaire d'évaluation de la conformité réglementaire précisent l'ensemble des exigences les concernant (2). Enfin, certaines informations spécifiques (3) ont pour but de prévenir la « Nouveauté » ou la « Précision » des thématiques. C'est-à-dire, l'ajout d'informations ou la redéfinition d'éléments de la thématique telle que l'ajout d'un texte venant préciser certaines informations.

Le périmètre ayant été défini avec soin, le module d'évaluation, Conformiteo®, peut être utilisé. Le module propose donc une analyse des différentes recommandations ou exigences réglementaires sous la forme de questionnaires. La Figure 30 présente l'interface du module d'évaluation ainsi que certaines de ses fonctionnalités.

Figure 30 - Interface de Conformiteo®

Ces questionnaires sont composés de questions, correspondant à des vulgarisations de l'exigence par un expert du domaine. Ainsi, toutes les questions sont facilement compréhensibles et les réponses sont aisées à apporter pour un non juriste. Il est à noter que ces questionnaires proposent en grande partie deux types de questions. Les questions dites à choix uniques (QCU) et à choix multiples (QCM).

Les questions de type QCU sont le plus souvent composées de trois réponses possibles (1):

- Oui, lorsque l'entreprise se considère conforme à l'exigence évaluée
- Non, lorsqu'il y a non-conformité
- Preuve à fournir, lorsque l'utilisateur a une difficulté à prouver une conformité

De plus, à ces trois réponses les plus utilisées, une quatrième réponse peut être ajoutée dans des cas de présence de condition d'applicabilité sur l'exigence évaluée. En effet, lorsqu'une exigence est soumise à une condition d'applicabilité, la réponse « Non applicable » est ajoutée. Cette réponse permet d'exclure de l'évaluation l'exigence évaluée, ainsi, cette exigence ne sera pas retrouvée dans le plan d'actions associées et ne sera pas prise en compte dans le calcul du pourcentage de conformité. A titre d'exemple, on peut citer la première question de la thématique « Interventions sur des matériaux, des équipements, des matériels ou des articles susceptibles de provoquer l'émission de fibres d'amiante » qui demande si pour chaque processus mis en œuvre, l'employeur établit un mode opératoire. Sur cette exigence, une condition de non applicabilité précise qu'il est nécessaire de traiter cette exigence uniquement si une analyse des risques a été effectuée.

Le second type de question, QCM (2), propose une question sous forme de check-list. Ces questions ont pour principale intérêt de s'assurer, par exemple, que le contenu d'une formation ou d'un document est exhaustif. Par exemple, dans cette même thématique, une question vérifie l'intégralité des précisions que doit apporter le mode opératoire (la nature de l'intervention, les matériaux concernés, les notices de postes, etc.).

Afin de faciliter le questionnement et d'apporter une assistance supplémentaire, un dispositif d'aide est associé à certaines questions. Ainsi, il est possible de retrouver sur une question des informations complémentaires permettant de faciliter le processus de réponse. Par exemple, l'aide de la première question de cette même thématique précise la condition d'applicabilité de l'exigence (3). Cette aide question étant renseignée par l'équipe de juriste de la société Preventeo®, certaines aides ont une valeur ajoutée très importante puisqu'elles précisent des informations d'une exigence avec des informations tirées d'autres articles que celui définissant l'exigence évaluée. Il est à noter qu'au-delà de l'aide question, chaque question propose un lien vers la référence réglementaire, la fiche de l'exigence évaluée (4).

Afin de proposer un questionnaire dynamique et cohérent, certaines questions dites « pivot » permettent de poser uniquement les questions qui concernent l'entreprise. Ces questions, permettent, selon les réponses apportées, d'exclure certaines questions de l'évaluation. Par exemple, la première question de la thématique « Interventions sur des matériaux, des équipements, des matériels ou des articles susceptibles de provoquer l'émission de fibres d'amiante » est une question de ce type, dans le cas où aucun mode opératoire n'est établi, il n'est pas nécessaire de poser les questions suivantes puisqu'elles portent sur la nature de ce mode opératoire. Ce mode de questionnaire permet de réaliser une évaluation cohérente et de manière plus intuitive et rapide qu'au travers de l'investigation de toutes les exigences relevées dans un texte. Ces questions permettent de passer tout simplement les parties du texte qui ne concernent pas l'entreprise.

Sur les différentes questions, un lien est établi avec le plan d'actions créé automatiquement. Ainsi, lors de l'évaluation, l'utilisateur peut renseigner différentes informations sur une réponse apportée (5). Ces informations peuvent remplir différents objectifs, par exemple, expliquer une non-conformité (Une action mise en place n'a pas encore été validée par le manager) ou encore de définir les pilotes en charge de mener la réalisation d'une action ainsi que sa date prévisionnelle de réalisation. Ce module permet d'enrichir le rapport d'évaluation et le plan d'actions de mise en conformité qui en résulte.

Le gros avantage de Conformiteo® est qu'il se veut très simple, tant sur le plan fonctionnel que sur le contenu proposé. Le travail réalisé par l'équipe Preventeo® sur les bases de connaissances permet de réaliser des évaluations de la conformité sans être un expert du domaine, sans même avoir des compétences juridiques. Cet outil a subi de nombreuses modifications afin de proposer une facilité d'utilisation accrue au fur et à mesure des mises à jour. Depuis la popularisation des techniques de programmation, spécialement Ajax, l'outil s'est vu complètement remanié afin de proposer l'interactivité dans les questionnaires en affichant toutes les questions auquel l'utilisateur doit répondre, puis à afficher ou cacher de manière automatique, selon les réponses données les questions suivantes. Ce travail a permis de grandement améliorer le temps de traitement d'un questionnaire par un utilisateur. Cela est

d'autant plus visible lorsque l'utilisateur s'approprie le questionnaire en question, s'il est relativement long de répondre à un questionnaire pour la première fois, il devient de plus en plus rapide à traiter au cours des différentes évaluations.

4.3 Conduite d'une expérimentation

La présente section est entièrement consacrée à la mise en lumière des conditions dans lesquelles a pu être réalisée une expérimentation du modèle sur le terrain. Considérant la sensibilité des données recueillies, l'entreprise industrielle « pilote » et les résultats sont présentés sous couvert d'anonymat. Ceci afin de pouvoir proposer une restitution transparente des conditions d'expérimentation et surtout afin de présenter les résultats obtenus. Dans le cadre de ce travail de recherche, plusieurs expérimentations ont été menées sur cette entreprise dans différents contextes. Les développements suivant s'attardent sur deux expérimentations pour des raisons pratiques quant à la lisibilité des résultats.

La première sous-section propose une présentation de l'entreprise pilote choisie pour mener à bien l'expérimentation (4.3.1). Les activités, les clients et les outils utilisés au sein de la plateforme Preventeo® sont décrits. La deuxième sous-section est dédiée à la présentation des résultats obtenus vis-à-vis du travail réalisé sur l'outil Cogniteo® ainsi que sur la maîtrise de la conformité réglementaire. La présentation de ces résultats s'appuie sur les indicateurs et tableaux de bords proposés au sein de la plateforme Preventeo®. Enfin, la troisième sous-section s'attache à opérer une prise de recul sur les limites de l'expérimentation et les pistes d'améliorations des outils développés.

4.3.1 Présentation de l'entreprise et contexte d'expérimentation

La présente sous-section a pour objet de présenter l'entreprise dans laquelle a pu être conduite l'expérimentation du modèle de gestion des connaissances conçu dans le chapitre 3. L'expérimentation porte majoritairement sur l'utilisation de l'outil Cogniteo®, développé

dans le cadre de cette thèse. L'outil a subi de nombreuses modifications pour parvenir à retranscrire de manière opérationnelle la méthodologie de gestion des connaissances conçue.

L'entreprise retenue pour l'expérimentation est un producteur d'énergie indépendant évoluant au travers de trois activités d'énergies renouvelables. L'entreprise est localisée dans différents endroits de par le monde et travaille en partenariat avec le monde agro-industriel. L'entreprise est en charge de construire, financer et exploiter des installations industrielles de taille moyenne.

4.3.1.1 Activité du site de l'entreprise retenue

L'expérimentation a été conduite sur un site de production d'énergie. Les travaux réalisés sont nombreux et variés :

- Opérations d'assemblage,
- Stockage de produit chimique,
- Maintenance,
- Bureaux d'étude,
- Traitement de déchets,
- Préparation de repas,
- Travail administratif,
- Traitement de surface,
- Etc.

Toutes ces activités sont soumises à réglementation et une partie de celles-ci fait l'objet de réglementation spécifique, défini dans différents arrêtés préfectoraux. Dans le domaine de l'environnement, ces activités induisent de nombreuses exigences réglementaires portant sur :

- Prévention de la pollution des eaux
- Prévention de la pollution
- Prévention des risques
- Elimination des déchets

- Intégration dans le paysage

4.3.1.2 Modèle d'organisation de l'entreprise

Le site de production de l'entreprise totalise une soixantaine de salariés (hors sous-traitants). Le découpage de l'organisation retenu pour prendre en compte au mieux l'ensemble du périmètre légal s'appuie sur un découpage géographique. Chaque établissement correspondant à un lieu de production de l'entreprise.

Les arrêtés préfectoraux sont définis pour un établissement particulier, ainsi les travaux sont réalisés en vue de réaliser les évaluations de la conformité sur ces exigences réglementaires.

4.3.1.3 Conditions de réalisation de l'expérimentation

Comme il l'a été précisé précédemment, plusieurs expérimentations ont été effectuées au sein de cette entreprise, toutefois, deux expérimentations nous intéressent particulièrement du fait de leurs différences tant d'un point de vue des conditions de temps de réalisation que les personnes en charge des réalisations.

Les deux expérimentations portent sur l'intégration d'arrêtés préfectoraux à des moments différents dans des conditions d'urgence différentes. De même, les deux intégrations portent sur un même référentiel d'exigence mais à deux ans d'écart. La seconde intégration étant en charge de la mise à jour du premier arrêté intégré. Le principal écart entre ces deux expérimentations vient du fait que les deux intégrations n'ont pas été réalisées par les mêmes personnes. La première intégration a été réalisée en vue d'une certification, dans une certaine urgence, par le manager QSE (qualité, sécurité et environnement) de l'établissement. Cette première intégration est réalisée après une formation sur l'outil Cogniteo® pour renseigner ledit arrêté en questionnaire. La seconde intégration est réalisée suite à la publication d'un nouvel arrêté modifiant la première intégration de l'entreprise pilote. A cet effet, l'entreprise a fait appel à l'équipe Preventeo®.

4.3.2 Résultats

Les développements de cette sous-section s'attachent à mettre en lumière les résultats obtenus sur les deux intégrations de questionnaires. Le découpage de l'arrêté et différentes statistiques sont présentés afin de comprendre comment les travaux ont été réalisés lors des deux intégrations.

Sont analysés dans un premier temps les travaux réalisés sur la première intégration. Les résultats sont présentés à l'aide de tableaux et graphiques présentant les informations renseignées dans les bases de connaissances. Dans un second temps, les résultats de la seconde expérimentation sont présentés en utilisant les mêmes tableaux et graphiques. Ceci permettant de mettre en valeur les différences entre les deux expérimentations.

4.3.2.1 Première expérimentation

L'arrêté est découpé en 8 articles, les deux premiers articles sont exclus des questionnaires en raison des valeurs informatives qu'ils contiennent. Seuls les articles 3 à 8 présentent des exigences réglementaires.

Chaque article, ou section du texte propose des sous sections sur trois niveaux, c'est-à-dire, au format suivant :

- Article 1
 - Article 1.1
 - Article 1.1.1

Le choix d'intégration est de créer un questionnaire pour chaque grande section du texte. Ainsi, pour cet arrêté préfectoral, six questionnaires sont créées représentant chacun une section du texte.

Ce premier travail d'intégration montre une précision très faible, pour diverses raisons telles que la prise en main de l'outil et plus particulièrement l'urgence dans laquelle ce premier travail a été réalisé. Ainsi, les tableaux ci-dessous montrent une certaine relativité de précision sur chaque questionnaire renseigné.

Le Tableau 6 présente le nombre d'articles créés ainsi que le nombre d'exigences du questionnaire. Il est à noter que le nombre d'exigences par article est sensiblement équivalent dans le texte, toutefois, on voit dans ce premier tableau de forts écarts entre les différents questionnaires. Le questionnaire intitulé « Article 3 » compte 60 exigences pour un seul article renseigné, le questionnaire « Article 8 » compte, pour un seul article lui aussi, 10 exigences.

Tableau 6 – Répartition des exigences et article par questionnaire (1)

Intitulé du questionnaire	Nombre d'articles	Nombre d'exigences
Article 3	1	60
Article 4	3	51
Article 5	2	12
Article 6	2	10
Article 7	9	41
Article 8	1	10

Cette première information nous indique que l'opérateur n'a pas jugé nécessaire de créer beaucoup d'articles pour définir les exigences, or, sur chacune des sections du texte, hormis le huitième, il est possible de découper chaque article en au moins cinq sous sections. Le résultat est que lors de l'évaluation, un problème apparaît, il est impossible de retrouver rapidement de quel extrait du texte provient l'article en question. Cet état de fait a posé problème lors de la vérification des travaux par l'auditeur de certification. Bien que non bloquant, cet état a été remonté lors de l'audition de certification.

De la même manière, les deux tableaux 6 et 7 montrent la précision apportée sur les exigences des différents questionnaires. Sur la totalité des exigences, aucun principe de management ni milieu et domaine n'ont été sélectionnés, les valeurs affichées sont les informations proposées par défaut.

Tableau 7 - Répartition des exigences par milieu et domaine (1)

Nombre d'exigences	Milieu et domaine
184	Dispositions générales

Tableau 8 - Répartition des exigences par principe de management (1)

Nombre d'exigences	Principe de management	
184	Pilotage	Planification environnementale

La précision induite dans ces questionnaires ne pose pas de problème au niveau des résultats de conformité, uniquement au niveau des graphiques proposés au sein de la plateforme. Aucun classement n'est possible sur les exigences renseignées. La Figure 31 illustre ce biais.

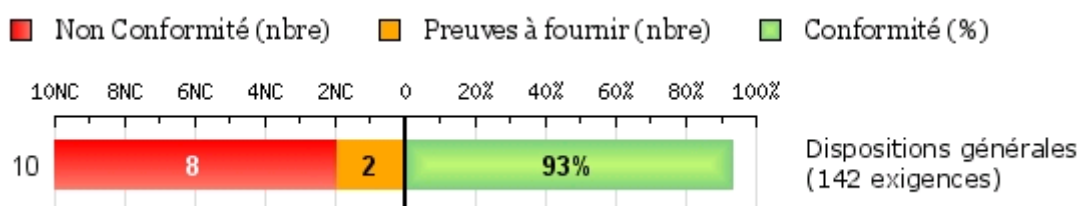


Figure 31 - Répartition de la conformité par milieu et domaine

Il est à noter que sur ces exigences, aucun document ni service n'a été associé. Ces informations n'étant pas obligatoires, l'opérateur n'a saisi aucune de ces données.

4.3.2.2 Seconde expérimentation

Pour cette seconde intégration, réalisée par l'équipe Preventeo®, le texte propose une fois encore des sections sur trois niveaux. De la même manière que pour le premier traitement effectué, le découpage en questionnaire est réalisé pour chaque grande section du texte, excepté pour la section Article 7.20 du texte en raison du grand nombre d'exigences de celle-ci, pour des raisons de pratique lors de l'évaluation, il est préférable dans ce cas de limiter le nombre d'exigences pour chaque questionnaire.

Tableau 9 - Répartition des exigences et article par questionnaire (2)

Intitulé du questionnaire	Nombre d'articles	Nombre d'exigences
Article 3	7	73
Article 4	7	82
Article 5	9	33

Article 6	6	10
Article 7	25	263
Article 7.20	10	111
Article 8	1	10

Ce premier résultat montre un meilleur découpage des différentes sections du texte. Bien que les deux textes ne soient pas les mêmes sur les deux expérimentations, la forme, le découpage et le nombre d'exigences sont sensiblement identiques. Toutefois, la précision permet de montrer des résultats différents. On retrouve sur le questionnaire « Article 8 » la même définition d'exigences pour un même nombre d'articles. Il en est tout autre sur le questionnaire « Article 3 » qui, pour un nombre relativement équivalent d'exigences, se voit découpé avec une précision grandement accrue. Cet écart s'explique par différents facteurs tels que l'utilisation de questions au format QCM.

Lorsque pour le même article, la première expérimentation aura créée une question au format :

L'employeur fournit tous les documents stipulés dans l'annexe 1 (Consulter l'aide question)

- Oui
- Non
- Preuve à fournir

Ce qui définit une seule exigence, dans la seconde expérimentation, l'équipe Preventeo® utilisera davantage des questions au format :

L'employeur fournit tous les documents suivants :

- Document unique
- Règlement intérieur
- Plan de prévention des risques professionnels
- Plan de prévention des risques naturels

Dans le cas présent, cela permet de définir quatre exigences, une exigence pour chaque document à fournir. Cette précision permet d'améliorer les informations sur chaque exigence mais aussi de proposer une meilleure information sur le résultat de la conformité. Si un seul

des documents n'est pas fourni, la question sera non conforme, toutefois, au niveau des rapports, pour un seul document manquant, la conformité ne sera pas la même. En effet, le premier format propose une seule exigence non conforme, soit 0% de conformité. Le second format propose trois exigences conformes sur quatre soit 75% de conformité. De la même manière, cela permet la mise en place de plan d'actions plus précis et cohérent. Les documents déjà fournis n'apparaissent pas dans le plan d'actions en tant qu'action à mener, il ne reste que l'exigence non conforme précisant le document non fourni lors de l'évaluation.

Les deux tableaux 10 et 11 suivants proposent la répartition des exigences selon le milieu et domaine renseigné ainsi que selon les principes de management. Une fois encore, ces informations n'influent pas sur la conformité mais apportent un grand nombre d'informations et permettent de définir un certain nombre d'indicateurs permettant par exemple, de mettre en avant des écarts vis-à-vis de la formation du personnel ou de la maîtrise documentaire. Ces informations permettent une certaine aide à la décision et offrent une vision intéressante pour l'identification des points forts et des axes d'amélioration en termes de management pour l'entreprise utilisatrice (Juglaret, 2011a. Juglaret, 2012. Juglaret 2013).

Tableau 10 - Répartition des exigences par milieu et domaine (2)

Nombre d'exigences	Milieu et domaine
281	Dispositions générales
19	Implantation aménagement
60	Exploitation, entretien
36	Risques
102	Eau
40	Air
34	Déchets
10	Bruits et vibrations

Tableau 11 - Répartition des exigences par principe de management (2)

Nombre d'exigences	Principe de management	
5	Pilotage	Planification environnementale

10	Pilotage	Définition des rôles et des responsabilités
10	Pilotage	Politique environnementale
5	Pilotage	Suivi de la politique environnementale
3	Analyse	Evaluation des risques
67	Conception et aménagement	Conception et aménagement des installations
2	Conception et aménagement	Panneaux de signalisation
27	Vérification et contrôle périodique	vérification et contrôle des installations et équipements
11	Vérification et contrôle périodique	Maintenance des installations et équipements
54	Vérification et contrôle périodique	Réalisation de surveillance et mesures
92	Maîtrise documentaire	Mise en place et pertinence des documents
14	Maîtrise documentaire	Disponibilité des documents
15	Maîtrise documentaire	Transmission des documents
7	Maîtrise documentaire	Mise à jour des documents
17	Organisation des secours	Matériel et équipement de lutte contre l'incendie
1	Organisation des secours	Moyens de sauvetage et de secours médicalisés
1	Organisation des secours	Procédures de secours
13	Formation et information du personnel	Formation du personnel
7	Formation et information du personnel	Information du personnel
2	Formation et information du personnel	Habilitation du personnel
37	Maîtrise opérationnelle	Maîtrise de la sécurité des activités
7	Maîtrise opérationnelle	Maîtrise des situations d'urgence
154	Maîtrise opérationnelle	Maîtrise des nuisances, des pollutions et des risques
4	Protection individuelle	Choix des équipements de protection individuelle
2	Vérification et contrôle périodique	Vérification et contrôle des appareils de mesure
3	Maîtrise opérationnelle	Réparation ou compensation des dommages
2	Ingénierie des procédés et produits	Substitution par des techniques propres ou économes
10	Ingénierie des procédés et produits	Valorisation des matières et substances

Cette seconde expérimentation montre une précision accrue par rapport à la première intégration. Ce niveau de précision permet de générer des graphiques particulièrement instructifs (Figure 32).

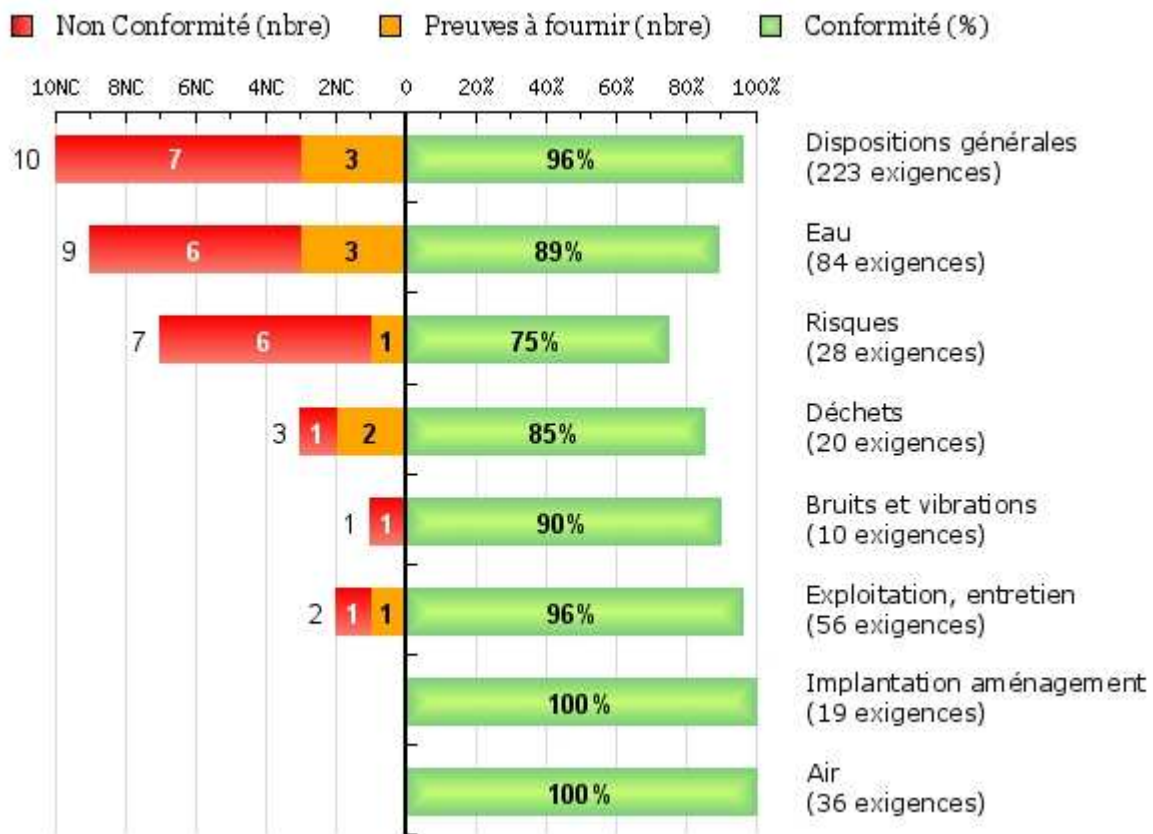


Figure 32 - Répartition de la conformité réglementaire par milieu et domaine

Ce graphique permet de mieux considérer le nombre d'exigences applicables à l'entreprise par milieu et domaine (famille de dangers). Renseigner ces informations lors de l'intégration d'un texte en questionnaire permet de générer des graphiques complets et utiles pour le management de l'entreprise. Dans le cas présent, on peut noter sur quelles familles de danger accentuer les travaux de mise en conformité. Ici, les familles *Dispositions générales*, *Eau* et *Risques* semblent sensibles au sein de l'entreprise pilote sur le texte intégré.

De même, sur la Figure 33, on peut voir que renseigner les informations permettent de générer des graphes utilisables par le management de l'entreprise. Bien que la conformité générale soit bonne (plus de 80% de conformité sur les différents axes), on peut voir toutefois que les principes de management *Ingénierie des procédés et produits* et *Organisation des secours* détiennent les plus basses conformité du domaine évalué.

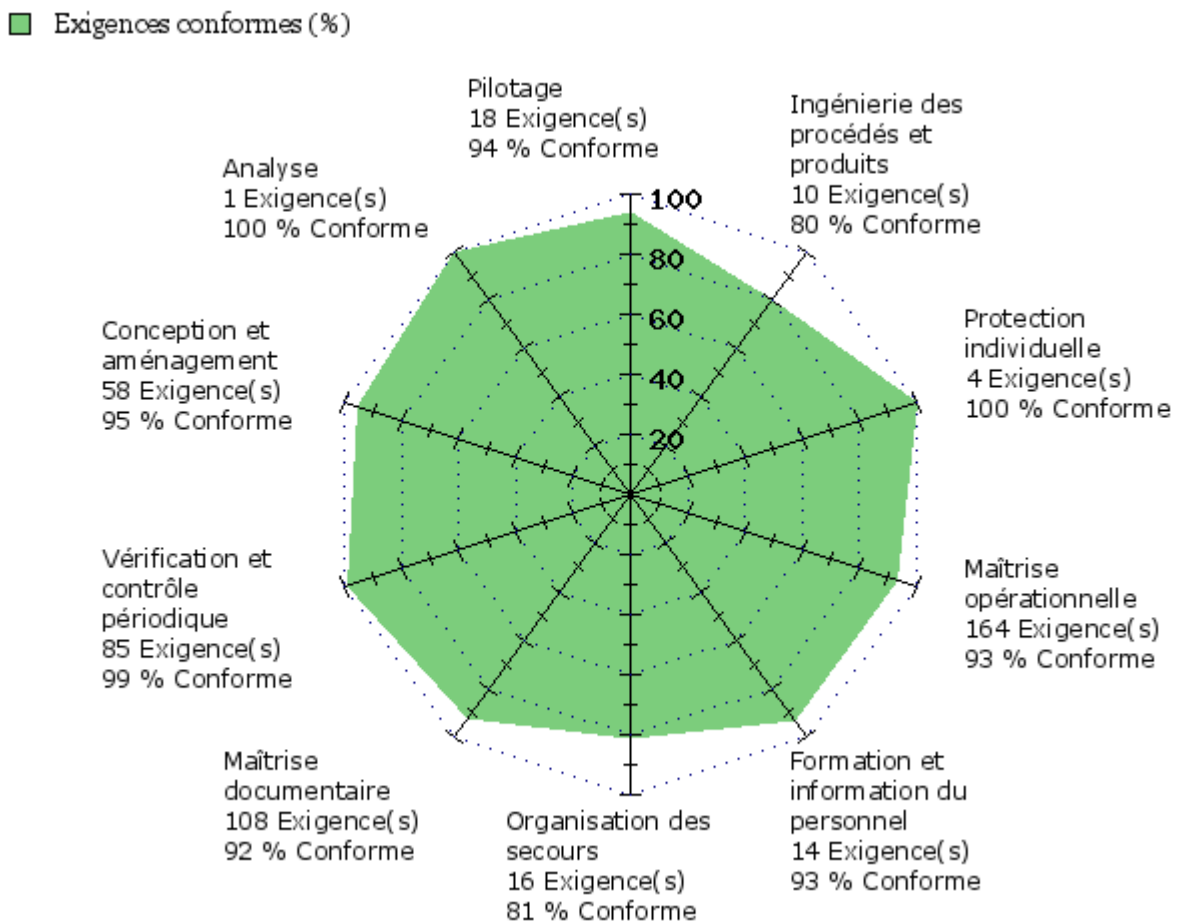


Figure 33 - Répartition de la conformité réglementaire par principe de management

4.3.3 Evaluation globale des résultats obtenus

La présente sous section a pour vocation d'opérer une prise de recul par rapport à l'expérimentation menée. Un certain nombre d'apports, mais aussi d'axes d'amélioration des outils progiciels développés. Bien que l'équipe Preventeo® utilise quotidiennement l'outil Cogniteo® afin de proposer des questionnaires d'évaluation de la conformité réglementaire aux entreprises utilisatrices de la plateforme, les deux expérimentations sélectionnées permettent de mettre en valeur l'apport pour une entreprise spécifique au travers de l'intégration d'arrêtés préfectoraux applicables à un établissement en particulier. De plus, ces deux expérimentations apportent une vision intéressante de part l'écart entre les deux utilisations des produits proposés.

4.3.3.1 Apport de l'expérimentation pour l'établissement « pilote »

La conduite de cette expérimentation a tout d'abord favorisé la réflexion sur la manière dont sont intégrées les connaissances au sein de la plateforme Preventeo®. La première intégration de connaissances par l'entreprise « pilote » ayant été réalisée dans des conditions particulières, urgence vis-à-vis d'un audit de conformité ainsi que la découverte de l'outil, ce travail a permis d'établir un certain nombre de bonnes pratiques au sein de l'entreprise dans la gestion de la connaissance.

Tout d'abord, lors de l'intégration, la précision volontairement légère a permis de mettre en valeur tout l'intérêt d'être le plus précis possible et ce, dès l'évaluation mais surtout lors de la certification de l'établissement. En effet, le point le plus important concerne la gestion des articles renseignés dans le découpage du texte. En effet, l'auditeur a demandé à maintes reprises d'extraire l'exigence réglementaire du texte évalué. Le préventeur a donc du rechercher dans le texte les informations permettant de retrouver l'exigence en question.

Ensuite, proposer la conception d'un questionnaire par l'utilisateur final permet de le responsabiliser davantage et de lui faire prendre conscience de l'intérêt à préciser autant que possible toutes les informations permettant la définition d'une exigence. Comme il l'a été dit précédemment, de nombreuses expérimentations ont été conduites avec cet établissement, et bien que les deux expérimentations ne montrent pas l'évolution significative de la qualité des travaux réalisés par le préventeur de l'entreprise sur l'outil, il s'avère dans les faits que le travail réalisé avec l'outil par la suite a été grandement amélioré. Suite aux remarques de l'auditeur de certification sur la possibilité de retrouver dans le texte les informations de l'exigence réglementaire, les intégrations suivantes ont toujours été améliorées avec une description complète des articles et des exigences. L'un des apports majeurs concerne également le fait que l'outil et les méthodes déployés permettent au préventeur d'acquérir une grande autonomie et une responsabilisation vis-à-vis de la gestion des connaissances. L'utilisation de l'outil Cogniteo® est suivi de près par l'équipe Preventeo® en vue de

comprendre l'utilisation qui en est faite et d'avoir « en direct » les axes d'améliorations proposées par les utilisateurs de la plateforme.

Enfin, le dernier bénéfice touche au processus d'intégration dans un système « global ». Il existe en effet un très grand nombre d'éditeurs de bases de connaissances, toutefois, les travaux présentés ici le sont dans un système « unique » de management des risques. Ainsi, les travaux réalisés avec l'outil Cogniteo® profitent de toutes les méthodes et outils progiciels disponibles au sein de la plateforme. Si l'on trouve encore dans les entreprises des référentiels d'audit de la maîtrise de la conformité au format Excel par exemple, l'utilisation de la plateforme pour intégrer ces fichiers dans des questionnaires disponibles à l'évaluation par l'ensemble des collaborateurs permet une meilleure gestion des informations de l'entreprise. De la même manière et bien que cela ne soit pas présenté dans ce travail de thèse, l'outil Cogniteo® permet aussi de renseigner des questionnaires n'appartenant pas aux domaines réglementaires. L'outil peut effectivement être utilisé pour renseigner des questionnaires spécifiques ou internes à l'entreprise tels que des questionnaires de bonnes pratiques. Ceci toujours en vue, de proposer l'ensemble des outils progiciels et en particulier la gestion des plan d'actions.

4.3.3.2 Apport des outils progiciels

Plusieurs apports ont été appréciés vis-à-vis des outils progiciels. Nous nous intéresserons en particulier aux apports pour l'utilisateur de la plateforme.

Dans un premier temps, les ingénieries développées au travers des outils proposent des méthodes éprouvées aux utilisateurs. En effet, les outils conçus ont fait l'objet de différents travaux de recherche permettant de proposer une certaine pédagogie et une responsabilisation face à la réglementation. Les différents outils proposés se veulent intuitifs et généralement découpés en processus, ou étapes, permettant de suivre les méthodes développées au sein de l'entreprise Preventeo®. Cette ingénierie de la connaissance est un axe très important puisque cela permet d'améliorer la réflexion des préventeurs en entreprise et ainsi de poursuivre l'amélioration en continu des outils proposés.

Ensuite, en particulier sur l'outil Cogniteo®, un des apports est la flexibilité de l'outil et l'automatisation d'un certain nombre de tâches. Nous l'avons vu précédemment, l'outil permet de définir toutes les informations, mais il permet de n'en renseigner qu'une infime partie, ceci en vue de proposer une utilisation aisée et contribuant à répondre aux besoins de précision désirés par l'entreprise. L'automatisation de la récupération de certaines données telles que la date d'application d'une exigence ou la définition en cascade des informations d'une question permet de limiter la vulgarisation au niveau désiré. Tous les textes n'ont pas vocation aux mêmes objectifs. Comme tout modèle, les travaux d'intégration sont faits dans un but donné. L'intégration d'un texte réglementaire, soumis à la vérification par un auditeur de certification, ne répond pas aux mêmes besoins que l'intégration d'un référentiel interne, proposé jusqu'alors au format Excel.

Comme cela l'a déjà été dit, l'un des grands apports de l'outil progiciel est son intégration au sein d'un système plus large couvrant de nombreuses fonctionnalités et processus. De la veille à la mise en place de plans d'actions, l'outil, intégré dans ce système complet, permet d'ajouter à la base commune des questionnaires ceux développés par l'entreprise elle-même. En bout de chaîne de traitement, la mise en place de plans d'actions sur ces questionnaires internes permet de consolider les résultats dans des rapports édités automatiquement.

4.3.3.3 Axes d'améliorations identifiés

Les axes d'améliorations identifiés sont au nombre de trois.

Le premier concerne la qualité des référentiels produits par les utilisateurs clients de la plateforme. Bien qu'il soit possible pour ces utilisateurs de créer des questionnaires d'audit de la même manière que l'équipe Preventeo®, il convient de se demander, compte tenu du niveau d'expertise nécessaire pour concevoir un référentiel pertinent, si les acteurs de l'entreprise en charge de renseigner leurs propres questionnaires possèdent les compétences nécessaires.

Au travers de l'expérimentation, nous avons en effet pu constater deux travaux d'intégration de questionnaire d'évaluation de la conformité réglementaire, sur des arrêtés préfectoraux, textes évidemment propices à l'utilisation de l'outil compte tenu de leur applicabilité très spécifique. Les deux intégrations présentées démontrent une qualité très différente selon que les textes soient analysés par un expert du domaine ou un préventeur de l'établissement.

Un deuxième axe d'amélioration porte donc sur une meilleure formalisation de la méthodologie utilisée au sein de l'entreprise Preventeo® visant à former les utilisateurs à l'outil d'édition des connaissances. Les premières expérimentations en entreprise démontrant rapidement les écueils à éviter lors de l'analyse des textes.

Enfin, un dernier axe d'amélioration porte sur l'ergonomie de l'outil qui doit encore progresser. Ainsi, à tout moment de l'intégration des connaissances, il est possible de visualiser le rendu final du questionnaire créé, toutefois, il n'est pas possible de visualiser un aperçu des rapports générés. L'utilisateur ne se rend donc pas compte des oublis qu'il a pu commettre lors de l'édition, il n'est en effet possible que de visualiser qu'en fin de chaîne de traitement (intégration, évaluation, reporting) les erreurs d'intégration effectuées. Il conviendrait de proposer des exemples de rapports en relation directe avec les informations renseignées afin de mettre en évidence les oublis ou manque de précision d'un questionnaire conçu. Par exemple, lors de la première expérimentation présentée, nous avons pu voir des graphiques générés au travers du module de reporting n'offrant aucune information, au-delà du pourcentage de conformité. Il apparaît évident que ce genre de graphique n'apporte que très peu d'informations au management de l'entreprise, alors que lors de la seconde intégration, les graphiques générés permettaient de pointer rapidement les axes de progrès et aider ainsi à une meilleure prise de décision.

Conclusion du chapitre

Ce dernier chapitre a permis de traiter l'opérationnalisation des outils développés dans le cadre de ce travail de thèse. Après une présentation de l'entreprise industrielle « pilote » dans le cadre de l'expérimentation, les éléments développés ont été détaillés. Ensuite, les différents modules logiciels et leurs relations ainsi que le cadre technique mis en œuvre pour l'utilisation de la plateforme ont été décrits. Suite à cela, les modules spécifiques utilisés pour l'expérimentation ont été présentés. A commencer par le module d'édition des connaissances, l'outil Cogniteo® ainsi que les modules Reglementeo® et Conformiteo®. Ces derniers permettant d'exploiter les connaissances renseignées au sein de l'outil Cogniteo®.

La dernière section a présenté les résultats de l'expérimentation. L'utilisation de l'outil Cogniteo® au sein de la plateforme par les experts du domaine mais aussi par des utilisateurs clients de la plateforme. Dans cette sous-section, nous avons pu voir les écarts de formalisation des connaissances entre un utilisateur client de la plateforme et un utilisateur expert du progiciel développé. Les deux expérimentations ont permis de mettre en lumière tant des bénéfices que des axes d'amélioration.

Conclusions et perspectives

Les développements suivants ont pour but de conclure ce travail de recherche en reprenant et en synthétisant les apports, les limites et contraintes énoncés dans les précédents chapitres. Les perspectives associées à ce travail de recherche sont ensuite discutées sur le court, moyen et long terme.

Apports et limites des travaux accomplis

Le premier chapitre a permis de définir le contexte général de la maîtrise des conformités réglementaires dans le domaine *Hygiène Santé Environnement* en entreprise. Contexte portant sur la nécessité de maîtriser les conformités légales mais aussi en termes de gestion de la connaissance de ce domaine. Ce chapitre a permis de pointer les difficultés rencontrées quant à l'accès aux informations réglementaires du domaine et à leur analyse. L'hétérogénéité des sources et les différents acteurs en charge de créer et diffuser les informations ajoutent un niveau supplémentaire de complexité.

Le deuxième chapitre a motivé le recours au concept d'ontologie afin de répondre à la problématique formulée au préalable. Dans ce but, le concept a tout d'abord été défini et le principe de son fonctionnement a été expliqué. Ensuite, des détails ont été donnés sur les méthodes de création, les outils associés et les différents moyens d'exploiter une ontologie dans le cadre de la gestion des connaissances. Il a été démontré que le concept peut être aisément approprié par les experts d'un domaine donné, les différentes méthodes proposant en effet des éléments et dispositifs facilitant l'apprentissage. Bien que le concept soit relativement mature, il n'existe cependant pas de méthode générale permettant la création d'une ontologie. De la même manière, il n'existe pas de définitions explicitant ce qu'est une ontologie de manière claire et unique. Toutefois, le concept est aujourd'hui très largement utilisé.

Le troisième chapitre a été consacré à l'opérationnalisation de l'ontologie conçue à l'aide d'une analyse d'un important corpus documentaire et un travail collectif avec les juristes et les ingénieurs HSE de la société Preventeo®. En premier lieu, la méthodologie de construction de l'ontologie a été présentée. Ensuite, les résultats de la construction de cette ontologie ont été détaillés. Enfin, l'exploitation de l'ontologie a été définie au travers d'un prototype de reconnaissance automatique des exigences réglementaires. L'exploitation de l'ontologie réalisée a été expliquée au travers d'exemples concrets et le prototype testé.

Le quatrième et dernier chapitre a été consacré à l'opérationnalisation de la chaîne d'ingénierie de la connaissance. La société Preventeo® partenaire de l'expérimentation a tout d'abord été présentée. Puis les éléments de développement mis en œuvre pour la construction de questionnaires d'évaluation de la conformité ont été détaillés. Ainsi, les différents modules logiciels et leur interrelation ont été listés et l'architecture technique choisie a été décrite. Les principaux modules nécessaires pour l'expérimentation du modèle ont plus longuement été détaillés. Enfin, l'entreprise « pilote » retenue dans le cadre d'une expérimentation a été présentée ainsi que les résultats obtenus. Les résultats ont permis de mesurer les apports et les limites du travail accompli et de dégager des perspectives à court, moyen et long terme.

Les perspectives de ce travail de recherche

La chaîne d'ingénierie de la connaissance du domaine HSE qui a été créée, expérimentée et évaluée offre de nombreuses perspectives de développement à court, moyen et long terme.

Les perspectives à court terme : améliorer les travaux existants

A court terme donc, il apparaît important d'améliorer le prototype de reconnaissance des exigences réglementaires. Dans un premier temps, et au vu des outils utilisés par les collaborateurs de Preventeo®, la construction d'un questionnaire à l'aide du nouveau dispositif révèle un gain de temps non négligeable. Il reste cependant à valider et compléter les exigences en vue d'une évaluation du questionnaire par un non expert du domaine. La

limitation de la simple annotation peut être revue afin de créer un questionnaire complet. Des travaux menés en parallèle ont montré que les phases de découpage du texte en article peuvent être automatisées selon différents patrons de définition des articles. Ensuite, compte tenu des différents domaines traités, la gestion des exigences renseignées sous la forme de tableaux serait une amélioration importante, tout particulièrement dans le domaine de l'environnement où un grand nombre d'exigences sont formalisées exclusivement dans des tableaux (comme par exemple des limites et des seuils (limites d'émission de gaz et de déchets)). Enfin, il apparaît crucial de renforcer et de compléter les connaissances formalisées au sein de l'ontologie. Il a été vu que plus la formalisation dans l'ontologie est complète, plus son exploitation permet d'assister la création des connaissances d'un domaine donné. Toutefois, la construction d'ontologies est relativement compliquée et fastidieuse. La récupération des connaissances, la formalisation de celles-ci et l'implémentation de ces dernières sont des phases très longues et demandent un gros investissement de temps par chacun des participants à la réalisation de cette tâche. Comme il l'a été vu précédemment, la construction d'une ontologie ne se fait pas uniquement par un ontologue ou un ingénieur des connaissances, il est nécessaire durant les phases de définition des termes et des relations entre les classes de faire intervenir des experts du domaine.

Les perspectives à moyen terme : repenser la plateforme Preventeo®

Les développements réalisés et en particulier sur le prototype de reconnaissance automatique des exigences réglementaires a permis d'établir un bilan sur la technologie sur laquelle repose la plateforme Preventeo®.

Bien que le langage Php soit effectivement parfaitement adapté aux développements du Web, les outils à disposition et les nouvelles pratiques tendent à l'utilisation d'autres langages. Pour n'en citer qu'un, le langage Java propose aujourd'hui à une intégration plus simplifiée au sein d'applications Web et offre de nombreux outils permettant l'interface avec les outils dits traditionnels utilisés en entreprise. Dans le chapitre 2, deux outils ou API ont été présentés, les deux utilisant la technologie Java pour fonctionner. Ces API permettent aujourd'hui de traiter toutes sortes de données, de provenance et de format différents.

Il est à noter que l'outil de reconnaissance des exigences développé utilise la technologie Java pour fonctionner, dès lors, il devient nécessaire de réaliser des interfaces permettant

l'intégration de l'outil au sein de la plateforme, développée en Php. L'utilisation de Service Web³⁰ est nécessaire pour un fonctionnement sans recours à une personne en charge de définir les paramètres de l'application et la récupération des données.

Compte tenu des propositions d'améliorations du Web actuel vers un Web 3.0 dit « le Web sémantique » (Gandon, 2012), il apparaît nécessaire de repenser la solution actuelle en vue d'adapter les outils à disposition avec les outils de demain. La plupart des outils développés en gestion des connaissances, et en particulier dans le monde de l'Internet, utilisent la technologie Java pour être mis en œuvre.

Dès lors, à moyen et davantage à long terme, il apparaît justifié de repenser la plateforme actuelle pour la préparer aux exigences et aux bénéfices futurs.

Les perspectives à long terme : réflexion sur les nouveaux médias

En considérant les outils de nouvelle génération au sein du Web 3.0 et l'explosion des réseaux sociaux, une réflexion sur ces nouveaux moyens de communication est à conduire. Il est aujourd'hui impossible de considérer le monde de l'Internet sans les réseaux sociaux et les réseaux dits collaboratifs tels que Facebook et Wikipedia pour ne citer qu'eux. Partant de ce postulat, une réflexion peut être faite sur les moyens de récupération des informations distribuées dans ces outils.

Sans pourtant être opérationnels, les outils d'avenir considèrent les relations entre différents intervenants et proposent de construire des connaissances de manière collaborative. Il serait donc possible de considérer une évolution de ces outils en vue de conduire à plus grande échelle la construction de bases de connaissances dans le domaine de la prévention des risques en général et de la maîtrise des conformités en particulier.

Ainsi, aujourd'hui construites de manière très empirique, les bases de connaissances pourraient avantageusement disposer et bénéficier de l'expertise d'experts unanimement reconnus et disséminés aux quatre coins de la planète. L'outil Wikipedia en est une bonne illustration, celui-ci propose la construction d'articles se définissant comme une encyclopédie générale mais aussi très spécifique. Tant l'expert du domaine que le néophyte peuvent

³⁰ Un service web est un programme informatique permettant l'échange de données entre systèmes hétérogènes dans des environnements distribués.

proposer une définition d'un article. Bien que posant de nombreuses questions quant à la qualité de ce qui est produit, tous les articles peuvent être porteurs de connaissances spécifiques et riches d'enseignement. A l'instar de DBpedia³¹ qui propose aujourd'hui l'extraction de données structurées à partir de Wikipedia, la même ambition pourrait animer les concepteurs de Preventeo® en constituant des communautés d'experts compétents et habilités en charge de co-construire des référentiels d'audit et d'évaluation tout à la fois dans le domaine HSE et ce au niveau international mais aussi en élargissant la gamme des domaines de la maîtrise des risques couverts tels que la sécurité industrielle, le contrôle interne, le risk management ...

³¹ Pour en savoir plus : <http://dbpedia.org/About>

Bibliographie

Actes de la conférence IC 2007 - 18es Journées Francophones d'Ingénierie des Connaissances. Grenoble. 4 – 6 juillet 2007.

Actes de la conférence IC 2009 - 20es Journées Francophones d'Ingénierie des Connaissances. Hammamet, Tunisie. 25 - 29 mai 2009.

Aime X. 2011. Gradients de prototypicalité, mesures de similarité et de proximité sémantique : une contribution à l'Ingénierie des Ontologies. Thèse Ecole polytechnique de l'Université de Nantes.

Arpirez J., Gómez-Perez A., Lozano A. et Pinto S. (1998). (ONTO)2Agent: An ontology-based WWW broker to select ontologies. Paper presented at the Workshop on Applications of Ontologies and PSMs, Brighton, England.

Audiffren, T. 2012a. Contribution à la maîtrise des conformités légales en Santé et Sécurité au Travail. Thèse Mines ParisTech.

Audiffren, T. Guarnieri, F. Rallo, JM. 2012b. Lagarde, D. *Conformité réglementaire et certification*. Enquête quantitative Mines-Paristech_AFNOR_PREVENTEO. Juin 2012.

Audiffren T., Rallo JM., Guarnieri F.. 2012c. The contribution of case law to compliance management in Occupational Health and Safety (OHS) in France. *PSAM11 & ESREL 2012*, Jun 2012, Helsinki, Finland. 11th International Probabilistic Safety Assessment and Management Conference and the Annual European Safety and Reliability Conference 2012, PSAM11 ESREL 2012, 2, Pages 1320-1328.

Audiffren T., Rallo JM., Guarnieri F. 2013a. Etude quantitative de la relation entre certification et maîtrise des conformités légales en santé et sécurité au travail (SST) en France. [Report], 2013. CRC_WP_2013_14

Audiffren T., Rallo HM., Guarnieri F., Martin C. 2013b. Mieux connaître les "préventeurs" français : enquête nationale et analyse quantitative des données. [Report], 2013. CRC_WP_2013_13

Audiffren T., Rallo JM., Guarnieri F. 2013c. Contribution de la jurisprudence à la maîtrise des conformités en santé et sécurité au travail (SST) en France. [Report], 2013. CRC_WP_2013_8

Audiffren T., Rallo JM., Guarnieri F. 2013d. A quantitative analysis of health, safety and environment policy in France. R.D.J.M. Steenbergen; P.H.A.J.M. van Gelder; S. Miraglia; A.C.W.M. Vrouwenvelder. *22nd European Safety and Reliability Conference - ESREL 2013*, Sep 2013, Amsterdam, Netherlands. CRC Press, Safety, Reliability and Risk Analysis: Beyond the Horizon, 8 p.

Audiffren T., Rallo JM., Guarnieri F. 2013e. OHS certification and legal compliance management in France: a quantitative survey. R.D.J.M. Steenbergen; P.H.A.J.M. van Gelder; S. Miraglia; A.C.W.M. Vrouwenvelder. *22nd European Safety and Reliability Conference - ESREL 2013*, Sep 2013, Amsterdam, Netherlands. CRC Press, Safety, Reliability and Risk Analysis: Beyond the Horizon, 8 p

Babitski G., Bergweiler S., Hoffmann J., Schön D., Stasch C., et al. 2009. Ontology-Based Integration of Sensor Web Services in Disaster Management

Bachimont, B. 2000 Engagement sémantique et engagement ontologique : conception et réalisation d'ontologies en ingénierie des connaissances. In J. Charlet et al. (eds), *Ingénierie des Connaissances ; Evolutions récentes et nouveaux défis*, Eyrolles, pp. 305-323.

Badra F., Bendaoud R., Bentebitel R., Chapin PA., Cojan J., Cordier A., Després S., Jean-Daubias S., Lieber J., Meilender T., Mille A., Nauer E., Napoli A., Toussaint Y. 2008. TAAABLE : Text Mining, Ontology Engineering, and Hierarchical Classification for Textual Case-Based Cooking

Bernaras A., Laresgoiti I. et Corera J. (1996). Building and Reusing Ontologies for Electrical Network Applications. Paper presented at the Proceedings of the 12th ECAI96.

Berners-Lee, Tim., and Mark. Fischetti. 1999. Weaving the Web : the Original Design and Ultimate Destiny of the World Wide Web by Its Inventor. San Francisco: HarperSanFrancisco.

Blomqvist E., 2009. Linköping University Institute of technology : Semi-automatic Ontology Construction based on Patterns

Borgo S., Guarino N. et Masolo C. (1996). Stratified Ontologies: the case of physical objects. Paper presented at the ECAI96. Workshop on Ontological Engineering, Budapest.

Bourreau, L. 2012a. Contribution de la dimension conformité règlementaire à la mesure de la performance des systèmes de management environnemental : Proposition d'un outil de mesure. Thèse Mines ParisTech.

Bourreau L., Audiffren T., Rallo JM., Guarnieri F.. 2012b. The contribution of knowledge bases to compliance assessment : a case study of industrial maintenance in the gas sector. *PSAM11 & ESREL 2012*, Jun 2012, Helsinki, Finland. Proceedings of ESREL 2012, 10 p.

Bourreau L., Audiffren T., Rallo JM., Guarnieri F. 2013. Contribution des bases de connaissances au diagnostic de la conformité dans le domaine de la maintenance industrielle dans le secteur du gaz. [Report], 2013. CRC_WP_2013_9

Brachman Ronald J., Schmolze James G., An overview of the KL-ONE Knowledge representation System, Cognitive Science, Volume 9, Issue 2, April–June 1985, Pages 171-216, ISSN 0364-0213

Calero C., Ruiz F., Piattini M. 2006. Ontologies for Software Engineering and Software Technology

Cambon J., Guarnieri F., Groeneweg J. 2006. Towards a new tool for measuring Safety Management Systems performance. *2nd Symposium on Resilience Engineering*, Nov 2006, Juan-les-Pins, France. Proceedings 2nd Symposium on Resilience Engineering, 10 p.

Cambon J., Guarnieri F. 2008. Maîtriser les défaillances des organisations en santé et sécurité au travail. *Technique & Documentation - Lavoisier*, VIII-59 p., Nov. 2008, SRD - Sciences du risque et du danger : Série Notes de synthèse et de recherche, Franck GUARNIERI

Chniti A., Dehors S. Albert P. Charlet J. 2010 – Lecture Notes in Computer Science, 2010, Volume 6403/2010 : Authoring Business Rules Grounded in OWL Ontologies

Debray B., Abou Assali A., Pradaud I., Vaudelin J., Lenne D. 2007. Managing knowledge for industrial safety

Despres S., Fürst F., Szulman S. 2007. Construction d'une ontologie du domaine HSE. 18es Journées Francophones d'Ingénierie des Connaissances, Grenoble : France (2007)

Ebrahimipour V., Rezaie K., Shokravi S. 2010. An ontology approach to support FMEA studies, *Expert Systems with Applications* 37

Fernández-López, M. and Gómez-Pérez, A. and Juristo, N. 1997. METHONTOLOGY: From Ontological Art Towards Ontological Engineering. In: *AAAI-97 Spring Symposium Series*, 24-26 March 1997, Stanford University, EEUU.

Fernández M. Overbeeke C. Sabou M. Motta E. 2009. What Makes a Good Ontology? A Case-Study in Fine-Grained Knowledge Reuse. *Lecture Notes In Computer Science*; Vol. 5926 *Proceedings of the 4th Asian Conference on The Semantic Web*.

Gallagher, C. Underhill, E. Rimmer, M. 2001. Occupational Health and Safety Management Systems: A Review of their Effectiveness in Securing Healthy and Safe Workplaces; National Occupational Health and Safety Commission (NOHSC);

Gandon F., Faron-Zucker C., Corby O. 2012. Le web sémantique - Comment lier les données et les schémas sur le web ?

Gomez-Perez A. 1999. Ontological Engineering: A state of the art. Expert Update, 2(3), 33-43.

Graham I., 2005. Service Oriented Business Rules Management Systems - TriReme report

Gruber T. 1993 A translation approach to portable ontologies. Knowledge Acquisition, 5(2):199-220.

Guarino N. 1998 « Formal Ontology and Information Systems.» Formal Ontology in Information Systems. IOS Press.

Guarino, N. & Giaretta, P., 1995. Ontologies and Knowledge Bases: Towards a Terminological Clarification. Towards Very Large Knowledge Bases: Knowledge Building and Knowledge Sharing, p.25-32.

Guarnieri F., Besnard D., Miotti H., Martin C., Rallo JM. 2010. Occupational safety and health in France: Practitioners and policy - AFNOR Report. [Report], 2010

Guarnieri F., Rallo JM. 2014. Préventeurs. sous la direction de Philippe Zawieja et Franck Guarnieri. *Dictionnaire des risques psychosociaux*, Le Seuil, Feb. 2014

Guisé A., Lévy F., Nazarenko A., Szulman S. 2009. Conférence Internationale sur la Terminologie et l'Intelligence Artificielle TIA 2009 Université Paul Sabatier - Toulouse : Annotation sémantique pour l'indexation de règles métiers

Hale AR., Swuste P. 1998. Safety rules: procedural freedom or action constraint ?. Safety science, Vol 29, issue 3. p 163-177.

Hoekstra, R., Breuker J., Di Bello M., Boer, A. 2009. LKIF Core: Principled Ontology Development for the Legal Domain. Proceedings of the 2009 conference on Law, Ontologies and the Semantic Web: Channelling the Legal Information Flood

Innes, J. 2009. Health and Safety auditing. Safety line Institute, Worksafe.

Juglaret F., Rallo JM., Textoris R., Guarnieri F., Garbolino E. 2011a. Occupational Health and Safety Scorecards : New leading indicators improve risk management and regulatory compliance. *40th ESReDA Seminar - Risk Analysis and Management Across Industries*, May 2011, Bordeaux, France. Proceedings 40th ESReDA Seminar - Risk Analysis and Management Across Industries, 16 p.

Juglaret F., Rallo JM., Textoris R., Guarnieri F., Garbolino E. 2011b. The Contribution of Balanced Scorecards to the Management of Occupational Health and Safety. Christophe Berenguer, Antoine Grall, Carlos Guedes Soares, Editors. *European Safety and Reliability Conference: Advances in Safety, Reliability and Risk Management, ESREL 2011*, Sep 2011, Troyes, France. CRC Press, Advances in Safety, Reliability and Risk Management - Proceedings of the European Safety and Reliability Conference, ESREL 2011, Pages 1223-1231.

Juglaret F., Rallo JM., Textoris R., Guarnieri F., Garbolino E. 2011c. New Balanced Scorecard leading indicators to monitor performance variability in OHS management systems. Erik Hollnagel, Eric Rigaud, Denis Besnard. *Fourth resilience engineering symposium*, Jun 2011, Sophia Antipolis, France. Presses des Mines, Proceedings of the fourth resilience engineering symposium, Pages 121-127

Juglaret, F. 2012. Indicateurs et Tableaux de Bord pour la prévention des risques en Santé-Sécurité au Travail. Thèse Mines ParisTech.

Juglaret F., Guarnieri F., Rallo JM., Garbolino E. 2013. Contribution des tableaux de bord (Balanced Scorecards) au management de la santé et de la sécurité au travail. [Report], 2013. CRC_WP_2013_10

Jin-Guk Jung, Kyeong-Jin Oh, and Geun-Sik Jo. 2009. Extracting Relations towards Ontology Extension

Knowledge Engineering and Knowledge Management: Ontologies and the Semantic Web
13th International Conference, EKAW 2002 Sigüenza, Spain, October 1–4, 2002 Proceedings

Kompatsiaris Y., Hobson P. 2008. Semantic Multimedia and Ontologies.

Lacot X. 2005. Introduction à OWL, un langage XML d'ontologies Web

Lame G. 2002. Construction d'ontologie à partir de textes. Une ontologie du droit dédiée à la recherche d'information sur le Web. Thèse de doctorat, École des Mines de Paris.

Lefranc, G. 2012a. Apports de l'analyse de la conformité réglementaire, de l'analyse des risques professionnels et de l'évaluation du climat de sécurité à la construction de la culture de sécurité. Thèse Mines ParisTech.

Lefranc G., Guarnieri F., Rallo JM., Garbolino E., Textoris R. 2012b. Does the management of regulatory compliance and occupational risk have an impact on safety culture?. *PSAM11 & ESREL 2012*, Jun 2012, Helsinki, Finland. 11th International Probabilistic Safety Assessment and Management Conference and the Annual European Safety and Reliability Conference 2012, PSAM11 ESREL 2012, 8, Pages 6514-6523.

Lefranc G., Guarnieri F., Rallo JM., Garbolino E., Textoris R. 2013. Apports de l'analyse de la conformité légale, de l'analyse des risques et du climat de sécurité à la construction de la culture de sécurité. [Report], 2013. CRC_WP_2013_11

Legendre V., Petitjean G., Lepatre T. 2010. Compendium Génie Logiciel n° 92, Mars 2010 : Gestion des règles "métier"

Lenat, D. 2006. "Hal's Legacy: 2001's Computer as Dream and Reality. From 2001 to 2001: Common Sense and the Mind of HAL". Cycorp, Inc. Retrieved 2006-09-26.

Mazouni, M.H. 2009. Pour une meilleure approche du management des risques: de la modélisation ontologique du processus accidentel au système interactif d'aide à la décision. Thèse Institut National Polytechnique de Lorraine.

McCarthy, J. 1980. Circumscription – A Form of Non-Monotonic Reasoning, Artificial Intelligence 5: 13, 27–39.

Miotti, H, Guarnieri, F, Martin C, Besnard, D, Rallo, J-M. 2010. Préventeurs et politique de prévention en Santé Sécurité au Travail. AFNOR Groupe.

Mondary, T., 2011. Construction d'ontologies à partir de textes. L'apport de l'analyse de concepts formels.

Neeches R., F. R. E., Finin T., Gruber T. R., Senator T., and Swartout W. R. (1991, 1991). Enabling technology for knowledge sharing. AI Magazine, 12, 35-56.

Nef, F. (1998) L'objet quelconque ; Recherches sur l'ontologie de l'objet. Librairie Philosophique J. Vrin.

Noy, N. F., & McGuinness, D. L. 2000. Ontology Development 101 : A Guide to Creating Your First Ontology. Development, 1-25.

Pauli, J. Ponçon, G. 2008. Zend Framework – Bien développer en PHP, les cahiers du programmeur, Edition Eyrolles.

Petersen, D. 2001. The Safety Scorecard: Using Multiple Measures to Judge Safety System Effectiveness. EHS Today.

Provitolo, D., Müller, J. P., & Paillard, E. D. (2008). Vers une ontologie des risques et des catastrophes : le modèle conceptuel 1 De l'intérêt de l'élaboration d'une ontologie du domaine des risques et des catastrophes à la présentation d'un exemple illustratif. Nous.

Psyché, V., Mendes, O., & Bourdeau, J. 2004. Apport de l'ingénierie ontologique aux environnements de formation à distance. *Perspective*, 1-34.

Rallo JM. 2010. Préventéo, créateur d'intelligence et de liberté en maîtrise des conformités et des risques SSE. *Cultures de Sécurité* n°7 - novembre-décembre 2010.

Robson, L. Clarke, J. Cullen, K. Bielecky, A. Severin, C. Bigelow, P. Irvin, E. Culyer, A. Mahood, Q. 2006. The effectiveness of occupational health and safety management system interventions: A systematic review; *Safety Science*, ScienceDirect;

Roy, M. Bergeron, S. Fortier, L. 2004. Développement d'instruments de mesure de performance en santé et sécurité du travail à l'intention des entreprises manufacturières organisées en équipes semi-autonomes de travail; Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail (IRSST);

Sanseverino-Godfrin V. 2010. Le cadre juridique de la gestion des pollutions et des risques industriels. *Technique & Documentation - Lavoisier*, 150 p., 2010, SRD - Sciences du risque et du danger : Notes de synthèse et de recherche, Franck GUARNIERI

Sanseverino-Godfrin V. 2013. La redéfinition du contour juridique des risques liés au travail. *Jurisprudence sociale Lamy*, 2013, 339, Pages 4-8

Smith, B. 2003. *Ontology. Computing*, 155-166.

Studer R., Benjamins V. R., and Fensel D. 1998. *Knowledge engineering: Principles and methods*.

Swartout, B.; Ramesh P.; Knight, K.; Russ, T. 1997. Toward Distributed Use of Large-Scale Ontologies. *Symposium on Ontological Engineering of AAI*. Stanford (California).

Tanzi, T. Delmer, F. 2006. *Ingénierie du risque*. Collection Sciences et technologies, Editions Lavoisier.

Textoris, R. 2010. Taux de fréquence et taux de gravité sont les vrais faux amis de la mesure de la performance SSE. *Revue Risque Sécurité Environnement (RSE)*. n°2.

Textoris, R. 2011. Match performance contre amélioration continue ? *Revue Risque Sécurité Environnement (RSE)*. n°8.

Textoris, R. 2012. Améliorer la performance HSE passe nécessairement par l'amélioration de la maîtrise des risques. *Revue Risque Sécurité Environnement (RSE)*. n°11.

Tissaoui A., Aussenac-Gilles N., Laublet P. Hernandez N. 2010. Méthodologie d'évolution d'une ressource termino-ontologique : EvOnto. Actes de la conférence IC 2010.

Uschold, M. King, M. 1995. Towards a Methodology for Building Ontologies. Workshop on Basic Ontological Issues in Knowledge Sharing.

Uschold, M. & Gruninger, M., 1996. Ontologies: Principles, methods and applications. *KNOWLEDGE ENGINEERING REVIEW*, 11, p.93--136.

Uschold, M., Jasper, R. 1999. A Framework for Understanding and Classifying Ontology Applications. In *Proceedings of IJCAI Workshop on Ontologies and Problem-Solving Methods*, August 1999.

Vigneron J, Guarnieri F, Rallo JM. 2013. The contribution of ontologies to the creation of knowledge bases for the management of legal compliance in occupational health and safety. R.D.J.M. Steenbergen; P.H.A.J.M. van Gelder; S. Miraglia; A.C.W.M. Vrouwenvelder. *22nd European Safety and Reliability Conference - ESREL 2013*, Sep 2013, Amsterdam, Netherlands. CRC Press, Safety, Reliability and Risk Analysis: Beyond the Horizon, 6 p.

Xiuxu, Z., Yuming, Z. 2012. Application Research of Ontology-enabled Process FMEA Knowledge Management Method. *International Journal of Intelligent Systems and Applications* ISSN 2074-904X Volume: 4; Issue: 3; Start page: 34; Date: 2012;

Glossaire des acronymes

AJAX : Asynchronous Javascript And XML

AT : Accident du travail

CARSAT : Caisse d'Assurance Retraite et de la Santé au Travail

CNAMTS : Caisse Nationale d'Assurance Maladie des Travailleurs Salariés

CDD : Contrat de travail à Durée Déterminée

CDI : Contrat de travail à Durée Indéterminée

CHSCT : Comité d'Hygiène, de Sécurité et des Conditions de Travail

CNAMTS : Caisse Nationale d'Assurance Maladie des Travailleurs Salariés

CRC : Centre de recherche sur les Risques et les Crises

EPI : Equipement de Protection Individuelle

EV RP : Evaluation des Risques Professionnels

HSE : Hygiène, Sécurité et Environnement

HTML : HyperText Markup Language

MP: Maladie Professionnelle

OHSAS: Occupational Health and Safety Management System

SaaS : Software as a Service

SGBD : Système de Gestion de Base de Données

SQL : Structured Query Language

SMS : Système de Management de la Santé et de la sécurité au travail

SSE : Santé, Sécurité et Environnement

SST : Santé et Sécurité au Travail

UML : Unified Modelling Language

XML : eXtensible Markup Language

Index des illustrations

Figures

Figure 1 - Conformité globale (source : Preventeo®).....	37
Figure 2 - Conformité par principes de management (source : Preventeo®)	37
Figure 3 - Types d'ontologies selon le niveau de généralisation.....	50
Figure 4 - Cycle de vie d'une ontologie.....	54
Figure 5 - exemple d'annotation RDF	62
Figure 6 - Hiérarchie de l'ontologie LKIF-core	67
Figure 7 - Menu de navigation	69
Figure 8 - Fenêtre de navigation	70
Figure 9 - Fenêtre de description.....	70
Figure 10 - Fenêtre de description spécifique	71
Figure 11 - Etapes de construction de l'ontologie	76
Figure 12 - Processus de Définition des termes	77
Figure 13 - Structure de l'ontologie.....	82
Figure 14 – Extrait des classes de l'ontologie "Action" et "Agent"	84
Figure 15 - Extrait de l'ontologie LKIF (Agent)	85
Figure 16 - individu Former	86
Figure 17 - Actions réalisées par le système	90
Figure 18 - Extrait de l'accord du 26 mars 2010	95
Figure 19 - Extrait du résultat du traitement	95
Figure 20 - Présentation des modules de la plateforme Preventeo®	101
Figure 21 - Architecture réseau simplifiée	106
Figure 22 - Intégration du modèle de conception MVC au sein d'une architecture 3 tiers....	108
Figure 23 - Processus de création d'un référentiel.....	111
Figure 24 - Hiérarchie des catégories.....	113
Figure 25 - Interface d'administration	113
Figure 26 - Création d'un article.....	115
Figure 27 - Création d'une exigence (page 1)	116
Figure 28 - Création d'une exigence (page 2).....	117
Figure 29 - Extrait de thématiques proposées par Preventeo®	119
Figure 30 - Interface de Conformiteo®.....	120

Figure 31 - Répartition de la conformité par milieu et domaine	128
Figure 32 - Répartition de la conformité réglementaire par milieu et domaine	132
Figure 33 - Répartition de la conformité réglementaire par principe de management	133

Tableaux

Tableau 1 - Critères de définition du périmètre légal applicable	34
Tableau 2 - Conditions de suivi des évolutions légales	35
Tableau 3 - Liste des principes de management SSE.....	38
Tableau 4 - Requête SPARQL	93
Tableau 5 - Performance de l'outil	96
Tableau 6 – Répartition des exigences et article par questionnaire (1).....	127
Tableau 7 - Répartition des exigences par milieu et domaine (1).....	127
Tableau 8 - Répartition des exigences par principe de management (1)	128
Tableau 9 - Répartition des exigences et article par questionnaire (2)	128
Tableau 10 - Répartition des exigences par milieu et domaine (2).....	130
Tableau 11 - Répartition des exigences par principe de management (2)	130

Contribution des ontologies à la création de bases de connaissances pour la maîtrise des conformités réglementaires en santé, sécurité au travail et environnement.

RESUME :

La "Santé-Sécurité au Travail" (SST) est au cœur des politiques d'entreprise et la judiciarisation de la société concourt à une inflation du nombre de textes réglementaires publiés chaque année. Les préventeurs sont donc confrontés au traitement croissant de données afin de rester en conformité. Ils se forment au droit et s'entourent de compétences interne (direction juridique) ou externe (bureaux de contrôle et de conseil) et se dotent de systèmes d'information. Ces derniers sont principalement des bases de données de "veille juridique" proposant des textes réglementaires accompagnés de commentaires. L'ensemble de ces données demeure complexe à interpréter et à exploiter en raison du nombre croissant de textes, de l'expertise nécessaire à fin de les comprendre et de la difficulté à s'assurer qu'ils concernent les activités de l'entreprise. Ce besoin peut être satisfait par le recours aux modèles et méthodes de l'intelligence artificielle. Parmi ceux ci, les concepts d'ontologies et de bases de connaissances ont été retenus. Une ontologie est un modèle d'un domaine particulier de connaissances réalisé dans un but précis. Un cas pratique de gestion des connaissances est décrit dans le cadre d'une expérimentation conduite avec une entreprise du domaine de la production d'énergie.

Mots clés : Santé Sécurité au Travail – Ontologie – Gestion des connaissances

The contribution of ontologies to the creation of knowledge bases for the management of legal compliance in occupational health, safety and Environment

ABSTRACT :

Occupational health and safety (OHS) is at the heart of corporate policies and the increasing trend towards litigation has contributed to the inflated number of regulatory texts published each year. OHS professionals are therefore faced with the need to process a growing amount of data in order to remain in compliance. They train themselves in law, draw upon internal expertise (the company's legal department) or external consultants (advisory and enforcement agencies) and equip themselves with information systems. These systems are mainly 'judicial monitoring' databases that contain regulatory texts and associated comments. For the most part, this data is complex to interpret and difficult to exploit given the growing number of texts, the expertise needed to understand them and the difficulty in being sure that they are relevant to the activities of the company. This need for clarity may be met by models and methods from artificial intelligence. Amongst these, we have selected the concepts of the ontology and the knowledge base. An ontology is a model of a particular domain of knowledge created for a specific purpose. A case study of the knowledge management is described as part of an experiment with a company in the energy production sector.

Keywords : Occupational Health and Safety – Ontology – Knowledge management